



**Universidade de Aveiro**  
2009

Departamento de Economia, Gestão e Engenharia  
Industrial

**Lucélia Gonçalves  
da Cruz**

**MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL:  
IMPLEMENTAÇÃO NUMA FUNDIÇÃO DE ALUMÍNIO**



**Lucélia Gonçalves  
da Cruz**

**MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL:  
IMPLEMENTAÇÃO NUMA FUNDIÇÃO DE ALUMÍNIO**

Relatório de projecto apresentado à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, realizada sob a orientação científica da Prof. Dra. Helena Maria Pereira Pinto Dourado e Alvelos, professora auxiliar do Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial da Universidade de Aveiro

Este trabalho é dedicado à minha família, especialmente a alguém importante na minha vida que me apoia onde quer que esteja, o meu pai António Graça.

## **o júri**

presidente

**Prof. Doutor Luís Miguel Domingues Fernandes Ferreira**  
Professor Auxiliar Convidado do Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial da  
Universidade de Aveiro

vogal – arguente principal

**Prof. Doutora Isabel da Silva Lopes**  
Professor Auxiliar da Escola de Engenharia da Universidade do Minho

vogal - orientador

**Prof. Doutora Helena Maria Pereira Pinto Dourado e Alvelos**  
Professora Auxiliar do Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial da  
Universidade de Aveiro

## **agradecimentos**

Ao meu pai António Graça, por tudo o que fez de mim e por me dar todos os dias a certeza da sua protecção.

A uma lutadora, a minha mãe Isolete Tavares, por me ter ensinado a lutar com dignidade, e pelo encorajamento nas horas mais difíceis.

À minha irmã Emma Massiel Cruz, pelo apoio e por estar sempre comigo, nos momentos bons e maus.

Ao meu namorado Leo Rosa, pelo apoio e compreensão, por estar a meu lado.

À Prof. Dra. Helena Maria Pereira Pinto Dourado e Alvelos, orientadora deste projecto, por toda a ajuda e partilha de conhecimento.

Ao Director João Rodrigues, departamento de planeamento e logística da Fundiven, pela paciência e orientação,

À Fundiven, pela abertura e disponibilidade dos meios necessários ao desenvolvimento deste projecto.

Ao Eng. Paulo Vieira da Bosch Termotecnologia, pela partilha de conhecimento e oportunidade de participar nos encontros Total Productive Maintenance do grupo Bosch.

A todos os colaboradores da Fundiven, especialmente os directamente envolvidos na implementação deste projecto, pela sua participação e dedicação.

À Sílvia Santos pela ajuda na revisão do relatório.

A todos os amigos e familiares pelo carinho e apoio nas horas de desânimo.

**palavras-chave**

Manutenção Produtiva Total, Qualidade, Melhoria Contínua

**resumo**

O presente relatório propõe-se descrever o processo de implementação da metodologia de Manutenção Produtiva Total numa fundição injectada de alumínio. O objectivo da utilização desta metodologia é atingir um uso efectivamente eficiente de equipamentos e instalações de modo a funcionarem sem anomalias e produzirem artigos com qualidade. Neste trabalho de Manutenção Produtiva Total, realça-se a importância na indústria e descreve-se a sua implementação na empresa, que passa pelas fases de eliminação dos principais problemas, manutenção autónoma e manutenção planeada. Finalmente, discutem-se os resultados das acções já implementadas e apresentam-se as perspectivas de desenvolvimento futuro.

**keywords**

Total Productive Maintenance, Quality, Continuous Improvement

**abstract**

This report aims to describe the implementation process of Total Productive Maintenance methodology in injected aluminium foundry. The methodology objective is to archive a really efficient equipment and facilities use to operate without problems and produce articles with quality. In this work of Total Productive Maintenance, the importance in the industry is highlighted and it describes the implementation in the company, which passes through the stages of elimination of major problems, autonomous maintenance and planned maintenance. Finally, the results of actions already implemented are discussed and sets out the future development prospects.

# Índice

## **CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO** **1**

## **CAPÍTULO II – TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE (TPM)** **3**

<b>II.1. ORIGEM DO TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE (TPM)</b>	<b>3</b>
<b>II.2. IMPORTÂNCIA DO TPM NA INDÚSTRIA</b>	<b>6</b>
<b>II.3. RELAÇÃO ENTRE AS ESTRATÉGIAS DE NEGÓCIO E DE MANUTENÇÃO DAS INDÚSTRIAS</b>	<b>10</b>
<b>II.4. MÉTRICA DA EFICIÊNCIA DO EQUIPAMENTO</b>	<b>11</b>
<b>II.5. IMPLEMENTAÇÃO DO TPM</b>	<b>15</b>
II.5.1. METODOLOGIAS DE IMPLEMENTAÇÃO	16
II.5.2. MODELOS DE TPM	18
II.5.2.1. ETAPAS DE EXECUÇÃO DO MODELO BOSCH TPM	20

## **CAPÍTULO III – APLICAÇÃO DO TPM NUMA FUNDIÇÃO DE ALUMÍNIO** **23**

<b>III.1. BREVE DESCRIÇÃO DA EMPRESA</b>	<b>23</b>
<b>III.2. FUNDAMENTAÇÃO DA APLICAÇÃO DO TPM NA FUNDIVEN</b>	<b>25</b>
III.2.1. PROCESSO PRODUTIVO DA FUNDIVEN	25
III.2.2. IMPORTÂNCIA DO TPM NA FUNDIVEN	27
<b>III.3. MÉTODO DE REGISTO DE SEGUIMENTO DE PRODUÇÃO</b>	<b>28</b>
III.3.1. MÉTODO DE RECOLHA E REGISTO	28
III.3.2. LIMITAÇÕES DO MÉTODO DE RECOLHA E REGISTO	29
<b>III.4. MANUTENÇÃO</b>	<b>30</b>
III.4.1. MÉTODO DE MANUTENÇÃO	30
III.4.2. LIMITAÇÕES DO MÉTODO DE MANUTENÇÃO	30
<b>III.5. PROPOSTA DE RESOLUÇÃO</b>	<b>31</b>

## **CAPÍTULO IV – PROCESSO DE IMPLEMENTAÇÃO DO TPM** **33**

<b>IV.1. DESCRIÇÃO DA IMPLEMENTAÇÃO</b>	<b>36</b>
IV.1.1. ACÇÕES IMPLEMENTADAS NO ÂMBITO DO PILAR 1	36
IV.1.1.1. DESENVOLVIMENTO DE FOLHA DE REGISTO DE PRODUÇÃO	36
IV.1.1.2. ANÁLISE DE CAUSAS DE PARAGENS	36
IV.1.1.3. DESENVOLVIMENTO DE FOLHAS DE REGISTO GRÁFICO	51
IV.1.1.4. DESENVOLVIMENTO DE BASE DE DADOS	51



IV.1.2. ACÇÕES IMPLEMENTADAS NO ÂMBITO DO PILAR 2	53
IV.1.2.1. IMPLEMENTAÇÃO DOS 5S	53
IV.1.2.2. IMPLEMENTAÇÃO DE MÉTODO DE IDENTIFICAÇÃO DE ANOMALIA	54
<b>IV.2. RESULTADOS DA IMPLEMENTAÇÃO DAS MEDIDAS</b>	<b>55</b>
IV. 2.1. TENDÊNCIA DO VALOR DE OEE	55
IV. 2.2. ANÁLISE DA MÉTRICA TOTAL EFFECTIVE EQUIPMENT PERFORMANCE	56
IV. 2.3. BENEFÍCIOS DA IMPLEMENTAÇÃO	59
 <b>CAPÍTULO V – DESCRIÇÃO DE DESENVOLVIMENTO FUTURO</b>	 <b>61</b>
 V.1. PILAR 1 – ELIMINAÇÃO DOS PRINCIPAIS PROBLEMAS	 61
V.2. PILAR 2 – MANUTENÇÃO AUTÓNOMA	63
V.3. PILAR 3 – MANUTENÇÃO PLANEADA	65
 <b>CAPÍTULO VI – CONCLUSÃO</b>	 <b>67</b>
 <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	 <b>69</b>

## Índice de figuras

Fig. 1 – Evolução da manutenção na década de 50 _____	3
Fig. 2 – Evolução das técnicas de manutenção industrial (fonte: Pereira – 2009) _____	4
Fig. 3 – Custos de manutenção preventiva e de falhas de equipamentos em função do nível de manutenção (fonte: Pereira – 2009) _____	6
Fig. 4 – Esquema explicativo do Tempo de Abertura Efectivo _____	12
Fig. 5 – Esquema explicativo do Tempo de Produção _____	13
Fig. 6 – Esquema explicativo do Tempo Efectivo de Produção _____	13
Fig. 7 – Representação do cálculo do OEE _____	14
Fig. 8 – Modelo TPM da Bosch (Fonte: Bosch Termotecnologia) _____	19
Fig. 9 – Principais clientes da Fundiven e mercados internacionais (Fonte: Fundiven) _	24
Fig. 10 – Fluxograma do processo produtivo da Fundiven _____	26
Fig. 11 - Diagrama de classes da base de dados _____	53
Fig. 12 – Fotografias do estado da célula antes e depois da implementação dos 5S____	54

## **Índice de tabelas**

Tabela 1 – Exemplos de peças produzidas na Fundiven	24
Tabela 2 – Identificação da equipa responsável pela implementação e respectivas tarefas	34
Tabela 3 – Calendário de arranque da implementação	34
Tabela 4 – Início da elaboração do plano de manutenção autónoma do equipamento piloto	35
Tabela 5 – Descrição das variáveis utilizadas para o estudo estatístico	38
Tabela 6 – Estatísticas descritivas das principais variáveis a analisar	39
Tabela 7 – Principais motivos de paragem (número de ocorrências)	41
Tabela 8 – Tempos teóricos para cada motivo de paragem (em minutos)	42
Tabela 9 – Principais motivos de paragem	42
Tabela 10 – Distribuição dos casos pelas variáveis turno e operador	47
Tabela 11 – Distribuição dos casos pelas variáveis turno e operador considerando apenas os 3 operadores com mais observações	47
Tabela 12 – Estatísticas descritivas	48
Tabela 13 – Resultados da ANOVA a 2 factores	49
Tabela 14 – Valor médio de OEE do 1.º trimestre para cada máquina de injeção	57
Tabela 15 – Valor de TEEP do 1.º trimestre para cada máquina de injeção	57
Tabela 16 – Vantagens e desvantagens da implementação do terceiro turno	58
Tabela 17 – Comparação dos valores de TEEP com dois e três turnos	59

## **Índice de Gráficos**

Gráfico 1 – Gráfico de barras da variável número de motivos identificados nas perdas de disponibilidade _____	40
Gráfico 2 – Gráfico de barras da variável número de paragens (por registo) _____	40
Gráfico 3 – Diagrama de Pareto dos motivos de paragem – números de ocorrências ____	41
Gráfico 4 – Diagrama de Pareto dos motivos de paragem – perda de tempo teórica ____	43
Gráfico 5 – Diagrama de Pareto dos motivos de paragem – números de ocorrências (máquina de injeção 320 ton) _____	44
Gráfico 6 – Diagrama de Pareto dos motivos de paragem – números de ocorrências (máquina de injeção 250/3 ton) _____	44
Gráfico 7 – Diagrama de Pareto dos motivos de paragem – perda de tempo teórica (máquina de injeção 320 ton) _____	45
Gráfico 8 – Diagrama de Pareto dos motivos de paragem – perda de tempo teórica (máquina de injeção 250/3 ton) _____	45
Gráfico 9 – Representação do efeito da interacção _____	50
Gráfico 10 – Caixas de bigodes _____	50
Gráfico 11 – Tendência do valor de OEE - máquina de injeção 320 ton _____	55
Gráfico 12 – Tendência do valor de OEE - máquina de injeção 250/3 ton _____	56

## Tabela de Abreviaturas

<b>Abreviatura</b>	<b>Designação</b>
<b>ANOVA</b>	<i>Analysis of variance</i>
<b>DMAIC</b>	<i>Define-Measure-Analyse-Improve-Control</i>
<b>FD</b>	Factor Disponibilidade
<b>FE</b>	Factor Eficiência
<b>FQ</b>	Factor Qualidade
<b>HF</b>	Hora de fim da produção
<b>HI</b>	Hora de início da produção
<b>JIPE</b>	<i>Japan Institute of Plant Engineers</i>
<b>JIPM</b>	<i>Japanese Institute of Plant Maintenance</i>
<b>MAE</b>	<i>Manufacturing and Assembly Equipment</i>
<b>NP</b>	Número de Peças produzidas
<b>OEE</b>	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>
<b>PDCA</b>	<i>Plan-Do-Check-Act</i>
<b>POK</b>	Número de Peças Produzidas sem defeito
<b>TAE</b>	Tempo de Abertura Efectivo
<b>TAP</b>	Tempo de Abertura Planeado
<b>TC</b>	Tempo de Ciclo
<b>TEEP</b>	<i>Total Effective Equipment Performance</i>
<b>TI</b>	Tempo de inactividade
<b>TPM</b>	<i>Total Productive Maintenance</i>
<b>TQC</b>	<i>Total Quality Control</i>

## **Capítulo I – Introdução**

Actualmente a qualidade dos produtos presentes no mercado é de extrema importância. Cada vez mais o consumidor final exige produtos de melhor qualidade, fazendo com que todos os intervenientes da cadeia exijam também maior qualidade ao seu fornecedor. A resposta a esta exigência depende claramente das condições das instalações e equipamentos das indústrias.

Além do crescimento da preocupação com a qualidade dos produtos, podem identificar-se outras tendências tais como competitividade de preços e flexibilidade. Em que é notória a importância da manutenção de instalações e equipamentos.

Com o aumento de investimento das empresas em novos equipamentos e em tecnologias, a manutenção desses equipamentos passa a ter um importante papel na estratégia da organização. Segundo Maggard (1992) citado por Pinjala (2006), 15 a 40% dos custos de produção podem ser atribuídos a custos de manutenção. Devendo portanto ser um ponto de extrema importância para a gestão de uma empresa, criando uma forte ligação entre a estratégia de negócio da empresa e a estratégia de manutenção.

Tendo em atenção os custos resultantes de uma paragem de produção não programada de algumas horas devido a uma avaria de equipamento, que implicam custos com peças que deixaram de ser produzidas, tempo de arranque do equipamento, setup, e testes de qualidade do produto, bem como o tempo dispendido pelos técnicos na resolução da avaria, os custos inerentes a trinta minutos de manutenção preventiva são bem menores.

O objectivo deste projecto consiste em implementar a Manutenção Produtiva Total, *Total Productive Maintenance* (TPM) numa fundição injectada de alumínio, desenvolvendo uma metodologia adequada à realidade da empresa para aumentar a produtividade, melhorar a qualidade das peças fabricadas e oferecendo um local de trabalho mais seguro e saudável.

No segundo capítulo desenvolve-se a noção de *Total Productive Maintenance* (TPM), a sua importância para a indústria, a relação entre as estratégias de negócio e

manutenção das empresas, métrica da eficiência do equipamento, bem como diferentes metodologias de implementação e modelos utilizados por diferentes empresas.

A empresa sobre a qual recaiu o estudo da implementação do TPM é apresentada no terceiro capítulo, bem como a fundamentação dessa implementação, com a descrição do processo produtivo e importância do TPM. Descrevem-se ainda os métodos actualmente utilizados para registos de seguimento de produção e plano de manutenção, seguindo-se a apresentação de uma proposta de resolução.

No quarto capítulo é descrito o processo de implementação de TPM realizado até ao momento na empresa, bem como a análise dos resultados da mesma, em termos de indicadores e das principais contribuições para a melhoria contínua na empresa.

O quinto capítulo é reservado para a apresentação do desenvolvimento futuro, descrevendo as acções planeadas.

O sexto capítulo é reservado para uma sintética conclusão.

## Capítulo II – Total Productive Maintenance (TPM)

### II.1. Origem do Total Productive Maintenance (TPM)

*Total Productive Maintenance* (TPM) é uma marca registada do *Japanese Institute of Plant Maintenance* (JIPM), e por definição TPM é uma metodologia que visa melhorar a produtividade e a qualidade, através do aumento da eficiência do equipamento ao seu mais alto nível, definindo os seguintes objectivos: zero avarias, zero defeitos e zero acidentes.

Nos Estados Unidos, depois da Segunda Guerra Mundial, apareceram diversas teorias de manutenção preventiva e produtiva, que incluíam a engenharia de máquinas, focadas numa fácil manutenção.

Na década de 50 as teorias das indústrias americanas foram adoptadas pelos japoneses e adaptadas à gestão de suas fábricas. Segundo Kodali (2001), durante esta época foram surgindo diferentes conceitos de manutenção (Fig. 1). Em 1951 surge o conceito de manutenção preventiva como uma espécie de check-up físico do equipamento, com o objectivo de evitar paragens. Passados seis anos, surge o conceito de manutenção correctiva através da expansão da manutenção preventiva, uma vez que além de prevenir paragens, pretende-se desenvolver o equipamento de forma a evitar falhas do mesmo e também tornar a sua manutenção mais fácil. Um pouco mais tarde, em 1960, surge o conceito de prevenção da manutenção, tendo como principal objectivo desenvolver o equipamento desde a sua concepção de forma a torná-lo livre de manutenção.

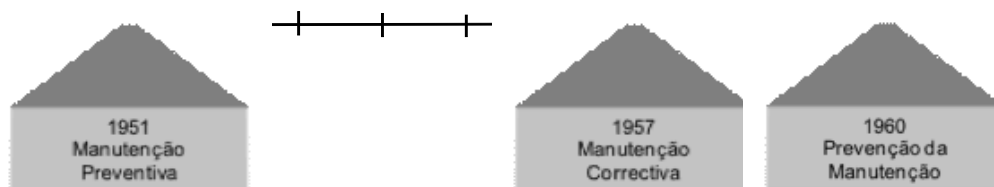


Fig. 1 – Evolução da manutenção na década de 50



Nakajima, citado por Kodali (2001), refere que o TPM não é apenas uma mera combinação dos três conceitos, mas enfatiza a promoção da manutenção através da manutenção autónoma e do encorajamento de um pequeno grupo de actividades.

Na década seguinte, foi criado o prémio de excelência em manutenção produtiva pela Associação Japonesa de Manutenção e é fundado o *Japan Institute of Plant Engineers* (JIPE), em português Instituto Japonês de Engenheiros de Planta, que se tornaria o *Japan Institute of Plant Maintenance* (JIPM), em português Instituto Japonês de Manutenção de Planta.

Em 1971, Nakajima, junta a participação dos operários de produção à manutenção, nascendo a Manutenção Autónoma e a Manutenção Produtiva Total. Nesta nova filosofia, todos os operários da produção desempenham um pequeno grupo de actividades de manutenção.

Pereira (2009) ao contrário de outros autores defende que a primeira manutenção a surgir foi uma manutenção correctiva, no sentido de apenas actuar após falha total ou quebra do equipamento, sendo diferente da identificada pelos outros autores após a manutenção preventiva, que tinha como objectivo evitar que esse problema/paragem voltasse a acontecer. Na Fig. 2 Pereira (2009) identifica ainda três gerações influenciadas pelos desenvolvimentos tecnológicos das últimas décadas.

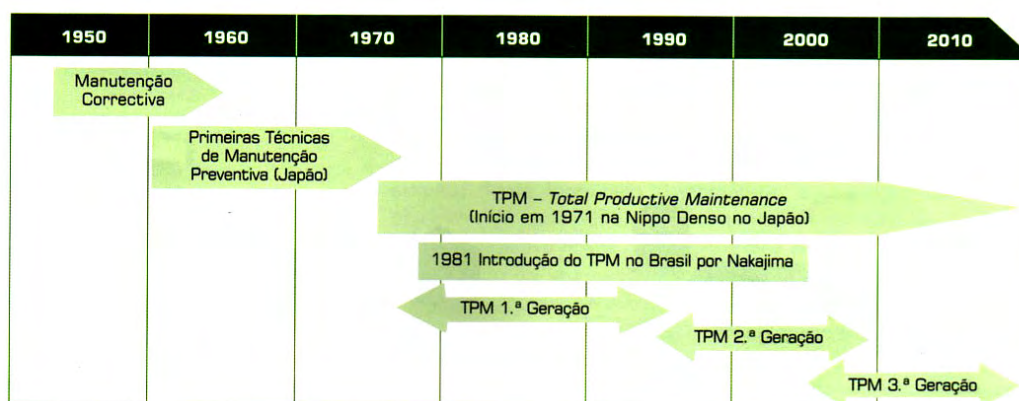


Fig. 2 – Evolução das técnicas de manutenção industrial (fonte: Pereira – 2009)

Na primeira geração, o TPM focalizava-se nas linhas de produção industrial com o objectivo de eliminar as falhas nos equipamentos envolvidos no processo. Na segunda geração, com início em 1989, a focalização passa a ser a eliminação do desperdício. A terceira e actual geração, iniciada em 1997, o TPM focaliza-se na redução de custos em

toda a empresa, com a manutenção dos equipamentos de produção baseada em estudos estatísticos de métricas. Esta geração, segundo o mesmo autor, tem promovido uma considerável melhoria na capacidade produtiva, qualidade e nos prazos de entrega das empresas, gerando assim uma optimização de toda a logística de produção industrial *Supply Chain Management*.

Considera-se que a manutenção autónoma engloba todas as actividades que os operadores de determinado equipamento podem realizar para tratar correctamente o seu espaço de trabalho, equipamento, qualidade dos produtos que fabricam e segurança no seu trabalho quotidiano.

O JIPM define, actualmente o TPM como um sistema de manutenção que cobre toda a vida útil do equipamento em todos os departamentos incluindo planeamento, produção e manutenção. Daí a importância da palavra “Total” na designação, uma vez que descreve os principais recursos do TPM, identificados por Wang (2006):

- Eficiência total – incluindo produtividade, custos, qualidade, segurança, ambiente e saúde;
- Sistema de manutenção total – incluindo manutenção preventiva e melhoria dos processos de manutenção;
- Participação de todos os colaboradores

O Kaizen Institute refere no entanto que o TPM é mais do que uma filosofia de manutenção, é um sistema de gestão de equipamentos que pretende maximizar a sua eficiência, ao longo de toda a sua vida útil.

O principal objectivo do TPM consiste no aumento da produtividade envolvendo todos os colaboradores da empresa, que poderão pertencer a diferentes departamentos, como já anteriormente referido. O papel da gestão consiste em fornecer ferramentas que auxiliem os colaboradores a tomar as decisões correctas, e segundo Eti (2006), sensatas e defensíveis.

## II.2. Importância do TPM na indústria

O ambiente de competitividade actual requer que as indústrias sustentem a sua capacidade produtiva máxima, minimizando o investimento de capital necessário. Segundo Eti (2006), da perspectiva da manutenção, significa maximizar a fiabilidade dos equipamentos, através da extensão da longevidade de cada componente.

Marggard e Rhyne (1992) e Mobley (1990) citados por Pinjala (2006), consideram que 15 a 40% dos custos de produção poderão ser atribuídos a custos de manutenção, custos estes que, segundo o mesmo autor, têm tendência a aumentar com o aumento da tecnologia e a automação ao serviço da produção, o que conduz inevitavelmente a um aumento da sua complexidade.

A Fig. 3, Pereira (2009) ilustra os custos referentes à manutenção preventiva e às falhas de equipamentos em função do nível de manutenção utilizado. O gráfico mostra que o investimento na manutenção preventiva tende a reduzir os custos decorrentes de falhas dos equipamentos. No entanto, mostra ainda que existe um ponto óptimo a partir do qual o investimento com a manutenção preventiva não reduz significativamente os custos decorrentes das falhas dos equipamentos, o que provoca um aumento dos custos totais de manutenção. O desafio das equipas de manutenção, em conjunto com os outros departamentos consiste em definir esse ponto óptimo.

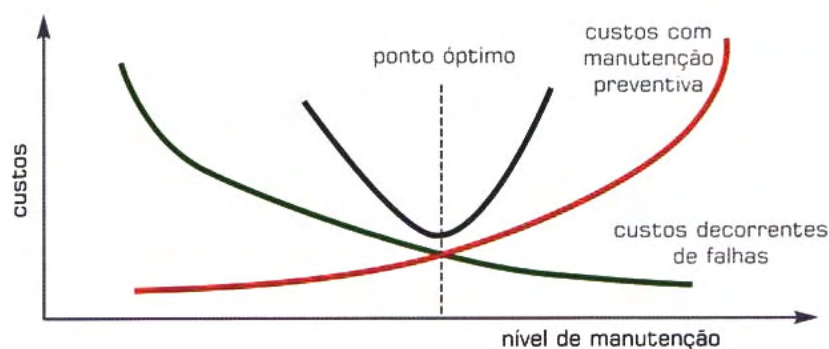


Fig. 3 – Custos de manutenção preventiva e de falhas de equipamentos em função do nível de manutenção (fonte: Pereira – 2009)

Segundo Eti (2006), a melhoria dos procedimentos de manutenção requer normalmente uma mudança de atitude e motivar a equipa de manutenção a aplicar as mudanças propostas, assegurando que cada uma delas desencadeia uma melhoria.

Ao implementar o TPM, uma indústria consegue atingir um uso efectivamente eficiente de equipamentos e instalações de modo a funcionarem sem anomalias e produzirem artigos com qualidade. Para isso o TPM recorre às capacidades dos operadores aumentando o seu envolvimento e participação na decisão, e aumentando a sua responsabilidade pelo equipamento, na correcção de deficiências e implementação de melhorias.

Segundo a filosofia TPM, a empresa deve focar-se nas perdas e eliminá-las, sendo que estas se podem agrupar nos seguintes tipos:

- Perdas nos equipamentos;
- Perdas de mão-de-obra: absentismo e acidentes;
- Perdas em métodos: por movimentos, organização da linha, transporte, ajustes e layout;
- Perdas de matéria-prima: falta de material, ferramentas e moldes;
- Perdas de energia: electricidade e gás;
- Perdas ambientais: emissões e afluentes.

Através de uma análise dos vários tipos de perdas, Nakajima (1988) citado por Tsarouhas (2007) identificou as seis principais perdas:

- Paragens do equipamento: perdas de tempo devido a falhas do equipamento e peças defeituosas. Estas perdas são as mais difíceis de eliminar.
- Setup e ajustes do equipamento: perdas de tempo desde o final da produção de uma peça, limpeza, mudança de ferramentas e ajustes do equipamento, até à produção de nova peça (primeira peça completamente satisfatória).
- “Marcha lenta” e micro paragens: ocorrem quando a produção é interrompida por uma avaria temporária ou o equipamento está a operar em velocidade reduzida.

- Redução de velocidade: diz respeito à diferença entre a velocidade indicada nos parâmetros do equipamento e a velocidade real operatória. Esta diferença poderá advir da qualidade ou de problemas mecânicos.
- Peças defeituosas e retrabalho: causadas pelo mau funcionamento do equipamento.
- Arranque de produção: após um período de inactividade o arranque da produção é sempre um problema, uma vez que o tempo para o equipamento se encontrar nas condições ideais para produção é sempre uma incógnita.

Estas seis principais perdas podem agrupar-se em três tipos de perdas, segundo o mesmo autor. As duas primeiras são claramente perdas de tempo, as duas seguintes são perdas de velocidade e as duas últimas definem-se como perdas de qualidade, sendo que estas afectam directamente o rácio de qualidade do equipamento.

Actuando nestas principais perdas, o TPM torna-se uma importante ferramenta na melhoria contínua da empresa uma vez que:

- Evita o desperdício num ambiente em que a economia muda rapidamente;
- Permite produzir sem reduzir a qualidade dos produtos;
- Reduz os custos gerais;
- Permite produzir lotes pequenos, o mais rápido possível;
- Reduzir o número de peças com defeitos que chegam ao cliente.

Essencialmente podem identificar-se reduções em três campos distintos:

- Qualidade (Redução de sucata; Redução de retrabalho; Redução de falhas)
- Fornecimento (Redução do tempo de tramitação)
- Custos (Investimentos; Custos da qualidade; Custos de serviços)

A redução de setup (ou Set-up Reduction (SUR) em inglês) e o TPM são duas iniciativas com o claro objectivo de melhorar o desempenho produtivo da empresa, no entanto o principal objectivo da redução de setup consiste na melhoria da flexibilidade de um sistema produtivo apelando a pequenos lotes produtivos. O objectivo do TPM é, tal como anteriormente referido, mais abrangente. Como o tempo de setup é uma das seis principais perdas identificadas pelo TPM, segundo Mileham (1997), assume errada e frequentemente um papel de menor relevância, sendo portanto importante que este equívoco não surja, principalmente devido ao facto de através da redução do tempo de setup ser possível aumentar a flexibilidade, diminuindo assim o tempo de resposta das necessidades do cliente.

No entanto, para atingir os objectivos e metas descritas, é necessária uma mudança de atitude em todos os níveis de hierarquia, e motivar todos os intervenientes a aplicar todas as propostas de melhoria após validação dos seus benefícios.

Segundo Eti (2006) existem procedimentos necessários à implementação do TPM, tais como:

- Cultivar no operador o sentido de propriedade do equipamento, introduzindo a manutenção autónoma, ficando o operador responsável pelos cuidados primários do equipamento;
- Optimizar as capacidades e conhecimentos do operador para maximizar a eficiência do equipamento;
- Melhorar o desempenho de todo o parque de máquinas, usando equipas multi-funções, constituídas por operários, responsáveis de manutenção, engenheiros e gestores;
- Estabelecer um calendário para limpeza e manutenção preventiva.

### **II.3. Relação entre as estratégias de negócio e de manutenção das indústrias**

A estratégia de negócio de uma indústria começa habitualmente com uma visão de futuro para a empresa e implica a definição do campo de actuação e das linhas pela qual a indústria se irá guiar para crescer. A definição de objectivos, em si, não implica uma estratégia. Os objectivos representam os fins que a empresa pretende alcançar, enquanto a estratégia é o meio para alcançar esses fins.

Estará a estratégia de manutenção de uma empresa relacionada com a sua estratégia de negócio?

Pinjala (2006) identifica três tipos de indústrias segundo as suas estratégias:

- Competidores pelo custo: caracterizam-se por oferecer produtos standard em grandes volumes, através de um processo de produção de linha contínua com equipamentos automatizados, fazendo com que a manutenção dos mesmos seja crítica.
- Competidores pela qualidade: dão especial atenção à manutenção preventiva, no sentido de evitar a produção de peças não-conformes.
- Competidores pela flexibilidade: têm habitualmente equipamento generalizado, de baixa complexidade, formação e trabalho de equipa.

O mesmo autor refere que os competidores pelo custo tendem para uma manutenção correctiva exigente e uma manutenção preventiva de nível médio, de elevada complexidade e formação técnica, contudo o trabalho de equipa é menor, havendo uma tendência para o *outsourcing*. Os competidores pela qualidade apostam mais numa manutenção de organização descentralizada, com menos manutenção correctiva e elevada manutenção preventiva. Estes competidores têm também uma tendência para o *outsourcing*. Por sua vez, os competidores pela flexibilidade, tendem para uma organização centralizada da manutenção, apostando numa elevada manutenção correctiva e uma baixa manutenção preventiva.

Os três tipos de indústria têm portanto um comportamento diferente em relação à manutenção do seu parque de máquinas, tendo em conta os objectivos que se propõem alcançar. No entanto seja qual for a estratégia de negócio da indústria, esta diferença

poderá ainda ser explicada pelo desenvolvimento contínuo em termos de tecnologia, conceitos e filosofias.

Miyake (1999) refere também a vantagem de combinação consistente e complementar dos conceitos de TPM e *Total Quality Control* (TQC), uma vez que ambos têm como objectivo maximizar a qualidade dos produtos fabricados.

#### **II.4. Métrica da eficiência do equipamento**

A medição é um importante requisito do processo de melhoria contínua, sendo portanto necessário estabelecer métricas apropriadas para cada medição. De uma forma genérica, o TPM é definido em termos do Overall Equipment Effectiveness (OEE), que segundo Chan (2005) citado por Tsarouhas (2007) pode ser considerado como uma combinação da manutenção de operações, gestão de equipamentos e recursos disponíveis. Nakajima (1988) citado pelo mesmo autor, acredita que a medição do OEE é uma forma eficiente de analisar a eficiência quer de um equipamento quer de todo o parque de máquinas de uma empresa, sendo uma função que conjuga disponibilidade, desempenho e qualidade, sendo calculado da seguinte forma:

$$\boxed{OEE = FD \times FE \times FQ} (\%)$$

*FD*: factor disponibilidade, *FE*: factor eficiência, *FQ*: factor qualidade

Esta métrica tem em consideração os três tipos de perdas anteriormente referidas: perdas de tempo (factor de disponibilidade), de velocidade (factor eficiência) e de qualidade (factor qualidade).

Pinjala (2006), citando Kotze (1993) indica como valor médio típico de OEE de 45% para uma fábrica.

Em termos teóricos temos uma disponibilidade total do equipamento, ou seja 24h por dia, isto tendo em consideração que temos o equipamento instalado e operacional,



bem como os operadores necessários disponíveis. Obviamente, é necessário fazer manutenções, reuniões, paragens por falta de encomendas, entre outras, necessidades estas que diminuem a disponibilidade do equipamento (ver Fig. 4). O restante tempo, após retirar a manutenção e paragens planeadas, designa-se por Tempo de Abertura Planeado (TAP). No entanto, devem assim ser consideradas todas as paragens não planeadas, tais como setups, paragens superiores a 5 minutos, manutenções não planeadas ou falta de operador ou material, restando o Tempo de Abertura Efectivo (TAE). Ou seja, este Tempo de Abertura Efectivo é o tempo real em que o operador e o equipamento estiveram disponíveis para produção.

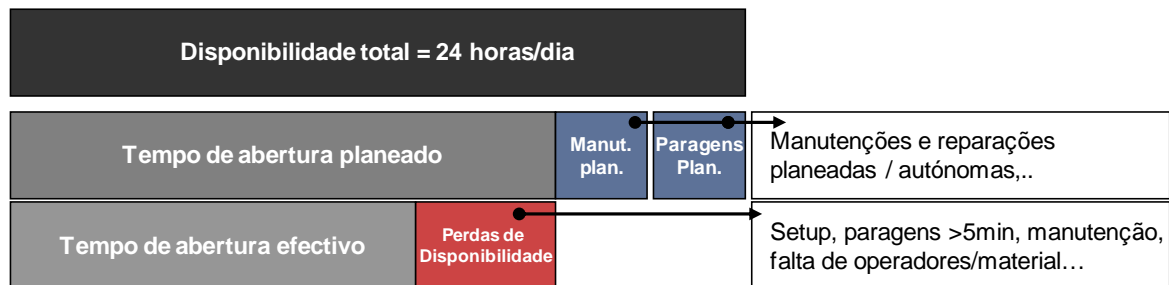


Fig. 4 – Esquema explicativo do Tempo de Abertura Efectivo

O factor disponibilidade consiste portanto em representar a percentagem do tempo planeado em que o equipamento está efectivamente disponível para produzir, sendo obtido através da seguinte fórmula:

$$FD = \frac{TAE}{TAP}$$

*TAE* : tempo de abertura efectivo (retirando todas as paragens do equipamento),

*TAP* : tempo de abertura planeado

Após considerar as perdas de disponibilidade é necessário ter em conta perdas de velocidade, o que reduz, mais uma vez o tempo de produção (Fig. 5).

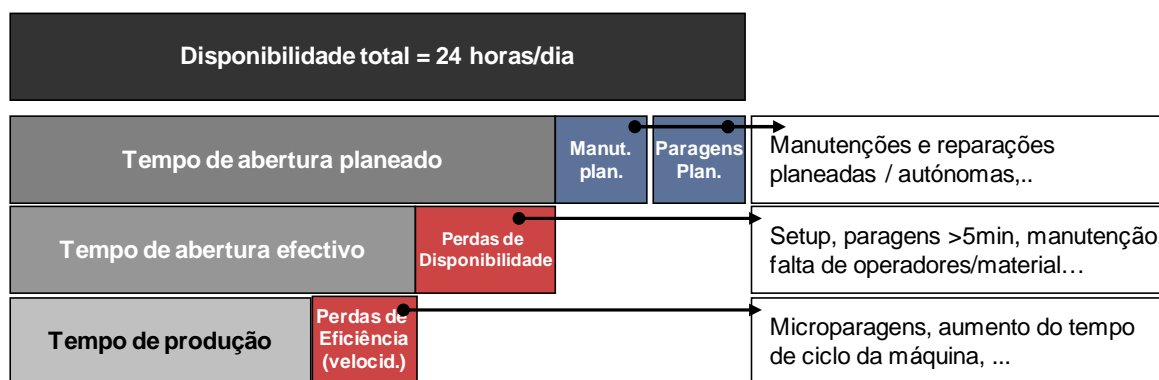


Fig. 5 – Esquema explicativo do Tempo de Produção

O factor eficiência representa a velocidade a que o equipamento funciona como uma percentagem, a velocidade de referência, sendo definido pela seguinte fórmula:

$$FE = \frac{NP \times TC}{TAE}$$

$NP$  : número de peças produzidas,  $TC$  : tempo de ciclo,

$TAE$  : tempo de abertura efectivo

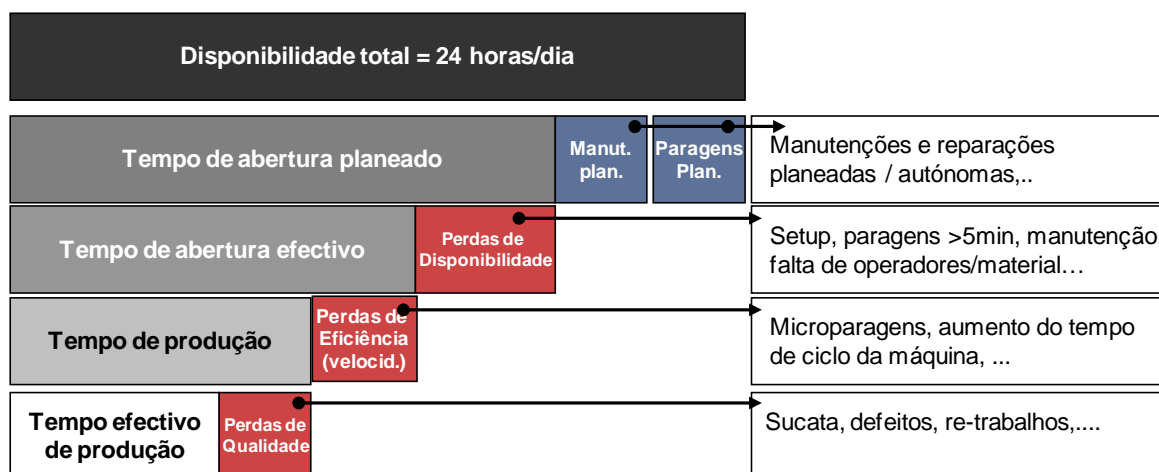


Fig. 6 – Esquema explicativo do Tempo Efectivo de Produção

O factor qualidade representa as peças de boa qualidade produzidas como uma percentagem do total de peças produzidas, sendo calculado da seguinte forma:

$$FQ = \frac{POK}{NP}$$

*POK* : número de peças produzidas sem defeito,

*NP* : número total de peças produzidas

Segundo Tsarouhas (2007) os valores dos três factores revelam as fraquezas do sistema e indicam os pontos onde deverão ocorrer melhorias. Daí a importância de não analisar apenas o valor do OEE mas também os valores individuais.

Na (Fig. 7) é representado, de uma forma simplificada, o cálculo do OEE. Tal como indicado na figura, após retirar as paragens planeadas, manutenção e outras actividades (a azul), deveríamos ter um valor de OEE de 100%, o que representaria uma situação ideal. No entanto, e tal como indicado anteriormente poderão ocorrer perdas não planeadas com várias origens (a vermelho).

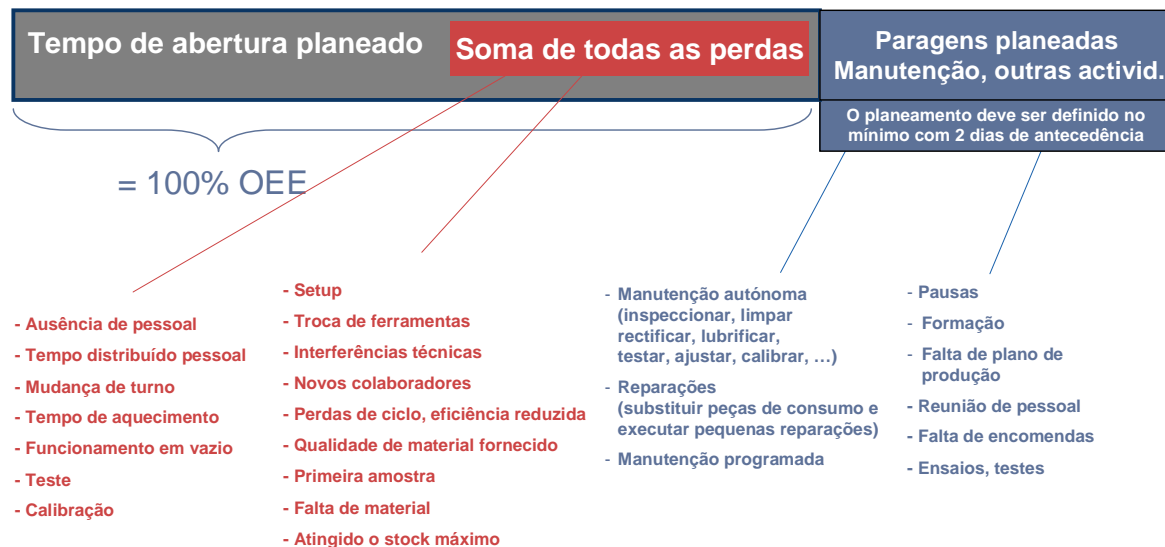


Fig. 7 – Representação do cálculo do OEE

O valor de OEE de uma célula de fabrico, deverá ter em consideração o valor de OEE de cada equipamento que a compõe, da seguinte forma:

$$OEE_{célula} = OEE_{ep1} \times OEE_{ep2} \times \dots (\%)$$

Hansen (2005) refere ainda a importância de outro indicador: *Loading*, representando a percentagem de tempo que uma operação está programada para operar em comparação com o total de tempo disponível, sendo calculado da seguinte forma:

$$Loading = \frac{hp \times dp}{24 \times 7}$$

*hp* : horas de produção, *dp* : dias de produção

Por exemplo, um equipamento que opera 5 dias por semana durante 24 horas, terá um valor de  $Loading = \frac{24 \times 5}{24 \times 7} = 71,43\%$ .

Com este indicador é possível calcular outro indicador *Total Effective Equipment Performance* (TEEP), multiplicando o valor de OEE pelo *Loading*, obtém-se portanto um valor de desempenho global efectivo do equipamento.

## **II.5. Implementação do TPM**

Antes de se analisarem as metodologias e modelos de TPM é necessário ter em atenção os requisitos para iniciar a sua implementação. Wilmott (1994) citado por McAdam (2000) sugere seis pontos que a equipa responsável pela implementação deverá ter em conta no lançamento da implementação:

- Percepção e sentimentos dos colaboradores;
- Compromisso de mudança da empresa;
- O provável ritmo de mudança que poderá ser verificado;
- O estado de outras iniciativas de mudança;
- As condições e tipos de indústria e equipamentos;
- O processo produtivo da indústria.

A maioria dos autores considera fundamental a introdução da filosofia do TPM na cultura da empresa, afirmando que a sua implementação apenas trará vantagens competitivas se todos os colaboradores da empresa se identificarem com essa filosofia. Nakajima (1989) citado por McAdam (2000) dá ênfase à responsabilidade primária da gestão de topo para o estabelecimento de um ambiente favorável onde a cultura laboral possa apoiar actividades autónomas dos operadores.

No entanto deve levar-se em conta que cada empresa é um caso, e nem todas as metodologias são aplicáveis a todas e quaisquer empresas. Deve assim ser analisado o tipo de empresa e equipamento para tomar decisões sobre essas metodologias.

As principais barreiras da implementação do TPM numa empresa são, segundo McAdam (2000)

- Falta ou diminuição do compromisso da gestão de topo;
- Falta ou diminuição do apoio da gestão intermédia;
- Resistência à mudança dos colaboradores devido ao aumento de trabalho sem recompensa ou reconhecimento apropriado (essencialmente dos operadores).

### **II.5.1. Metodologias de implementação**

Existem várias metodologias de implementação do TPM numa indústria, no entanto todas referem a existência de várias fases, que assentam no conceito do ciclo PDCA (*Plan-Do-Check-Act*), também designado ciclo de Deming (um ciclo de melhoria contínua).

Thomas (2008) baseou a implementação do TPM na metodologia *Six Sigma* (uma estratégia de gestão inicialmente desenvolvida pela Motorola), mais concretamente através do método DMAIC (*Define-Measure-Analyse-Improve-Control*), inspirado no ciclo PDCA, usado para melhorar um processo existente, consistindo nos seguintes passos:

**Define** (definir) – Definição do processo actual e objectivos. Em que envolve a definição da estratégia da empresa para a manutenção, bem como a formação de

todos os elementos da equipa responsável pela implementação, nos princípios de TPM e também na metodologia 5S.

**Measure** (medir) – Medição de aspectos chave do processo actual e recolha de dados relevantes. Nesta fase poderá ser já calculado o valor de OEE do equipamento.

**Analyze** (análise) – Análise dos dados para verificar a existência de relações causa-efeito. Determinar o tipo de interligações e garantir que todos os factores foram considerados. Tendo o valor do OEE é crucial analisar qual dos factores (disponibilidade, eficiência ou qualidade) contribuiu mais para esse valor, e qual a sua tendência, devendo ser identificadas e analisadas possíveis causas.

**Improve** (melhorar) – Melhorar e otimizar o processo com base na análise dos dados. Estas melhorias do processo poderão passar pela alteração da forma como são obtidos os dados, contudo na sua maioria estão ligadas à manutenção ao nível do operador.

**Control** (controlar) – Controlar para garantir que qualquer desvio dos objectivos é corrigido antes de resultar em defeitos. Nesta fase poder-se-á recorrer à calendarização de manutenções preventivas, bem como a auditorias internas para revisão do estado do equipamento.

Esta metodologia pode ser aplicada a qualquer modelo de TPM uma vez que tem por base o desenvolvimento sólido da empresa. Assim sendo, voltará a ser abordada na descrição da implementação do TPM (Capítulo IV).

Tsarouhas (2007) baseou a implementação do TPM numa fábrica ligada à indústria alimentar através de uma metodologia de quatro passos:

Passo 1. Recolha de dados, tempos e registo

O autor refere a importância no rigor e detalhe dos dados registados e recolhidos. Esse rigor poderá ser crucial na identificação de pontos críticos na produção. É ainda salientada a importância da definição de valores standard tais como: tempo de estabilização do equipamento, tempo de setup e o tempo de processo ou de ciclo.

Passo 2. Crescimento de um programa de formação e medição do OEE

Tal como a maioria dos autores, é dada a máxima importância à formação dos colaboradores, seja ela de carácter técnico ou de mudança de mentalidade.

Passo 3. Métodos de minimização de perdas de disponibilidade

Neste passo, o autor refere ser fundamental colocar a palavra “porquê” quando os dados são analisados, e realça a importância da definição de acções concretas.

Passo 4. Estimativa da opinião dos colaboradores dos resultados do estudo

Para verificar o sucesso da implementação é necessário ouvir a opinião dos principais envolvidos no processo: os operadores dos equipamentos.

## **II.5.2. Modelos de TPM**

Existem vários modelos de TPM, em que todos têm a estrutura de uma casa como semelhança. Nesta dissertação serão apresentados o modelo Bosch e o modelo Kaizen, uma vez que o modelo Bosch tem como base o modelo Kaizen, sendo uma versão simplificada e ajustada à realidade e objectivos do grupo Bosch.

O modelo de TPM do instituto Kaizen tem como base a ferramenta 5S e 8 pilares:

Passo 1. Kobetsu KAIZEN

Passo 2. Manutenção autónoma

Passo 3. Manutenção planeada

Passo 4. Formação e treino

Passo 5. Gestão antecipada

Passo 6. Qualidade

Passo 7. Segurança e ambiente

Passo 8. KAIZEN Office

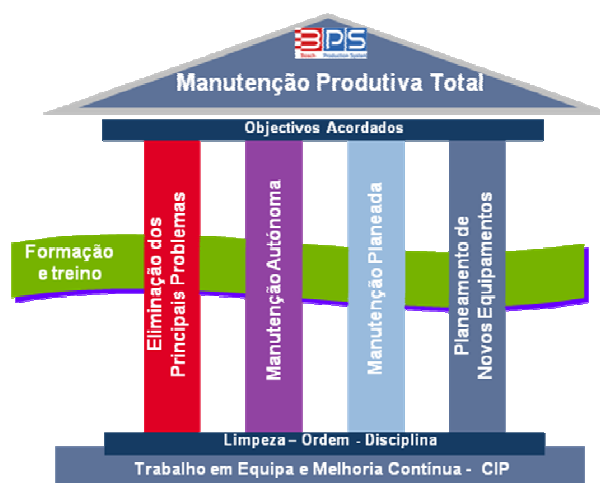


Fig. 8 – Modelo TPM da Bosch (Fonte: Bosch Termotecnologia)

Na figura estão presentes as bases e os pilares deste modelo de TPM, sendo estas:

- Bases (Trabalho em Equipa e Melhoria Contínua; Limpeza – Ordem – Disciplina)
- Pilares:
  - Pilar 1. Eliminação dos principais problemas
  - Pilar 2. Manutenção autónoma
  - Pilar 3. Manutenção planeada
  - Pilar 4. Planeamento de novos equipamentos

Obviamente a formação e o treino terão de ser transversais aos quatro pilares, de forma a serem atingidos os objectivos acordados e assim poder falar-se em TPM.

Segundo Nakajima (1988) citado por Thun (2006) a base do TPM deverá ser a metodologia 5S. 5S é uma referência a uma série de cinco termos japoneses, que transliterados para o alfabeto latino, começam com a letra “S” (Seiri, Seiton, Seisō, Seiketsu, Shitsuke), alguns autores portugueses referem-se a esta metodologia como “cinco sentidos” (senso de utilização, senso de organização, senso de limpeza, senso de padronização, senso de auto-disciplina). Esta metodologia é geralmente entendida como uma “organização padronizada”, embora esta represente mais do que uma simples organização, tratando-se de uma forma de organizar e gerir o espaço de trabalho com o



propósito de melhorar a eficiência através da eliminação de materiais não usados, melhorando o fluxo de trabalho e mitigando os processos desnecessários.

#### ***II.5.2.1. Etapas de execução do modelo Bosch TPM***

Seguidamente são apresentadas as etapas de execução de cada um dos quatro pilares do modelo Bosch.

No pilar 1 – Eliminação dos principais problemas, são identificadas 5 etapas:

- Etapa 1. Determinar perdas e principais problemas;
- Etapa 2. Análise das causas;
- Etapa 3. Definir e implementar acções correctivas;
- Etapa 4. Definir os standards e desdobrar as melhorias;
- Etapa 5. Controlar e documentar o sucesso.

No pilar 2 – Manutenção autónoma, a Bosch identifica 5 etapas de implementação:

- Etapa 1. Restaurar condições básicas dos equipamentos;
- Etapa 2. Prevenção da sujidade, melhoria na maneabilidade;
- Etapa 3. Normas de limpeza, inspecção e lubrificação;
- Etapa 4. Treino dos operadores para auto-manutenção;
- Etapa 5. Manutenção autónoma pelo operador.

McAdam (2000) define manutenção autónoma como a habilitação do operador de um determinado equipamento para cuidar e fazer manutenção desse mesmo equipamento. Ou seja, mais uma vez falamos na delegação de tarefas de manutenção aos operadores do equipamento.

Eti (2006) identifica procedimentos que considera necessários para a implementação da manutenção autónoma, tais como:

- Cultivar o sentido de propriedade no operador, ou seja, o operador toma responsabilidades nos cuidados primários do equipamento;
- Optimizar as capacidades e conhecimento do operador sobre o equipamento, de forma a maximizar a sua eficiência nas tarefas a realizar. Neste ponto também não deverão ser esquecidos as sugestões de melhoria por parte do operador.
- Reunir equipas multi-disciplinares, com operadores, equipa de manutenção, engenheiros e técnicos para analisar os resultados e contribuir para a melhoria do desempenho dos equipamentos;
- Estabelecer um plano de limpeza e manutenção preventiva com o objectivo de aumentar a longevidade do equipamento.

No pilar 3 – Manutenção planeada, são identificadas 5 etapas:

- Etapa 1. Definição e execução das actividades de manutenção avançada;
- Etapa 2. Identificar os pontos fracos dos equipamentos, máquinas e processos e solucionar as respectivas causas;
- Etapa 3. Desenhar e implementar um sistema de gestão de informação de manutenção, planeamento e controlo;
- Etapa 4. Implementar sistemas de diagnóstico;
- Etapa 5. Melhoria contínua do sistema de manutenção;

No pilar 4 – Planeamento de novos equipamentos, são identificadas 5 etapas:

- Etapa 1. Considerar os conceitos *Manufacturing and Assembly Equipment* (MAE) aquando do desenvolvimento de produto e processo;

Etapa 2. Criar o conceito de MAE, incluindo especificações de manutenção acordadas com o fabricante;

Etapa 3. Projectar e construir novos equipamentos de acordo com especificações TPM;

Etapa 4. Instalação do equipamento e colocação em funcionamento;

Etapa 5. Melhoria contínua do processo de planeamento de novos equipamentos.

## **Capítulo III – Aplicação do TPM numa fundição de alumínio**

### ***III.1. Breve descrição da empresa***

Fundada em 1978 com o objectivo de produzir peças em alumínio por fundição injectada com marca própria, a partir de 1993, a Fundiven – Fundição Venezuela, SA dedica-se exclusivamente à subcontratação, com uma constante actualização nas técnicas e processos de injeção de ligas de alumínio, produzindo peças de elevada exigência, desenvolvidas em parceria com os clientes, tais como:

- Válvulas para regulação e controlo de gás e hidrocarbonetos líquidos;
- Queimadores de gás;
- Peças para o ramo automóvel;
- Peças para equipamentos eléctricos e electrónicos.

Conta actualmente com 100 colaboradores, numa área de  $5000m^2$  e uma capacidade de injeção até  $10kg$  de peso bruto (peso da peça com gito<sup>1</sup>). No seu parque de máquinas existem 15 máquinas de injeção de 220 a 750 ton de força de fecho, utilizando as seguintes ligas de alumínio: AlSi12 (Fe), AlSi9Cu3 (Fe) e 239.

A Fundiven é uma empresa certificada pela ISO 9001:2008, e tem disponíveis equipamentos para controlo de qualidade, tais como:

- Raio X
- Espectrómetro
- Máquina de medição tridimensional

---

<sup>1</sup> Gito: Excedente de alumínio resultante dos canais e bolsas necessárias à injeção.

Tal como é possível verificar na Fig. 9, a Fundiven fornece peças para importantes empresas do mercado automóvel, electrodoméstico, de gás e eléctrico, localizadas nos seguintes países: Portugal, Alemanha, França, Reino Unido, Bélgica, Espanha, Turquia, Dinamarca, Espanha e USA.



Fig. 9 – Principais clientes da Fundiven e mercados internacionais (Fonte: Fundiven)

Na tabela abaixo (Tabela 1) podem encontrar-se alguns exemplos de peças produzidas na Fundiven.


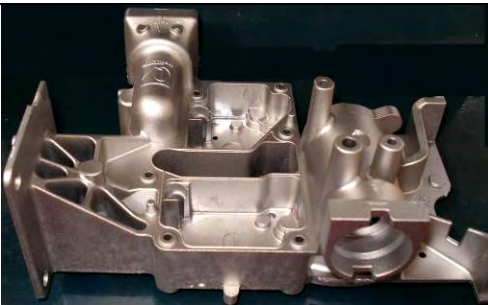
Caixa de Gás 8 705 103 184	
Válvula de Gás 257	

Tabela 1 – Exemplos de peças produzidas na Fundiven

### **III.2. Fundamentação da aplicação do TPM na Fundiven**

Basta ler a missão da Fundiven para perceber qual o seu posicionamento num mercado competitivo:



**Fornecer equipamentos com elevada complexidade  
e valor acrescentado**

A Fundiven define-se como um competidor pela qualidade, e tal como referido no ponto II.3., a estratégia de manutenção é importante, assim sendo a Fundiven deveria focar toda a atenção numa manutenção preventiva, com uma equipa qualificada para tal.

#### **III.2.1. Processo produtivo da Fundiven**

O processo produtivo da Fundiven, descrito no fluxograma da Fig. 10, inicia-se obviamente com a fusão da matéria-prima, lingotes de alumínio, em fornos alimentados a gás. Seguidamente, o alumínio é transportado para os fornos de manutenção colocados próximos das máquinas de injeção. Após a operação de injeção, as peças poderão ou não ser deslocadas, dependendo se a prensa para a operação de corte de gito se encontra fora da célula produtiva ou não, onde é retirado todo o gito que irá novamente para o forno de fusão. Após o corte de gito, e caso seja necessário um acabamento rugoso, a peça segue para a gralha, no caso de não ser necessário, a peça segue para os abrasivos.

Após este tratamento da superfície, se a peça estiver acabada segue para a inspeção final, no entanto algumas peças precisam de lixagem e outras de maquinações, que poderão ser ou não efectuadas na Fundiven.

Quando a peça está acabada, segue para a inspeção final onde é efectuado um controlo de qualidade a 100%, embalada e seguidamente encaminhada para o armazém de produtos acabados, prontos para expedição.

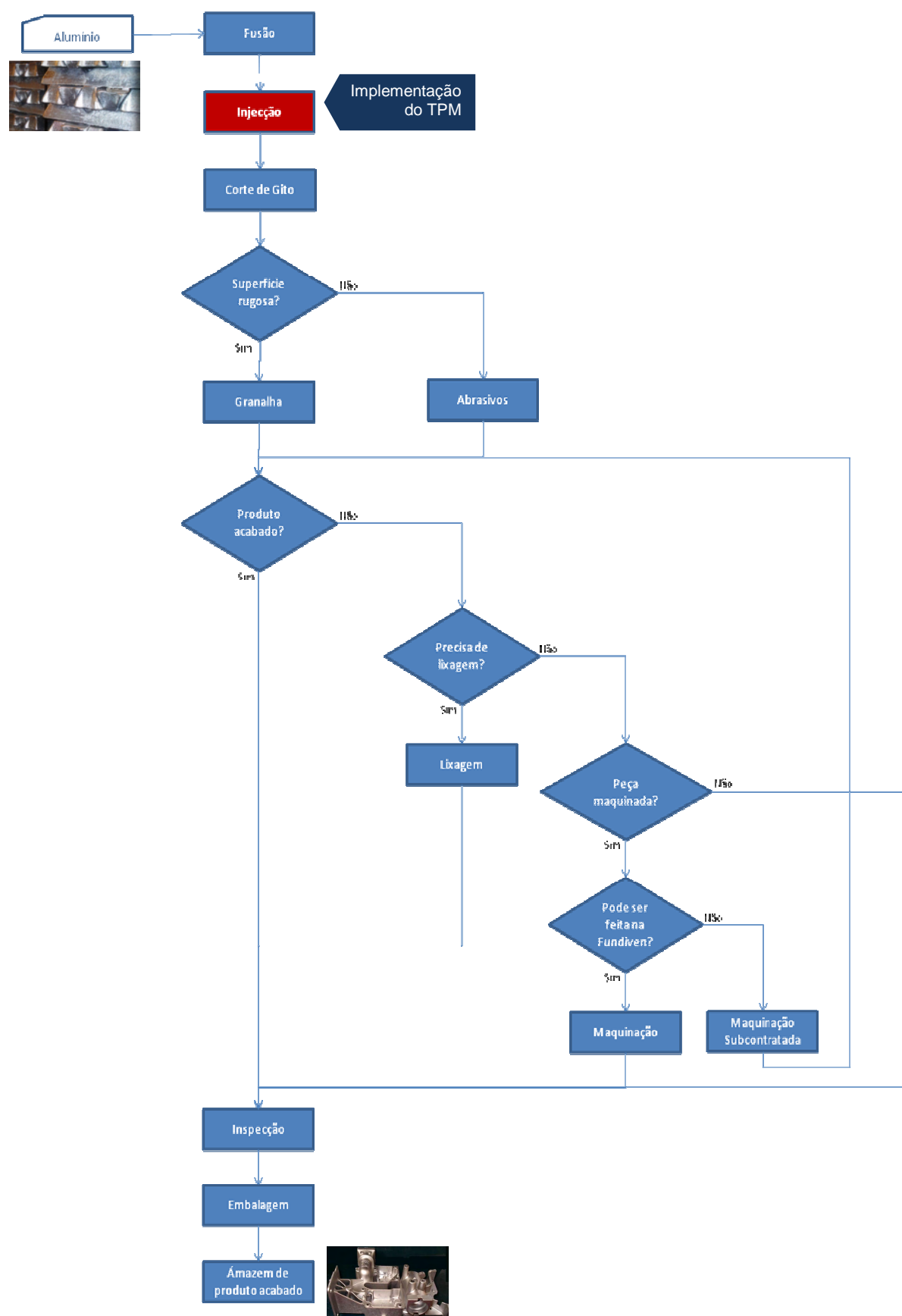


Fig. 10 – Fluxograma do processo produtivo da Fundiven

### **III.2.2. Importância do TPM na Fundiven**

A proposta de implementação do TPM na Fundiven foi sugerido por um cliente, tendo sido aceite pela administração após uma rápida análise do método actual. No entanto é de salientar o excelente e notável trabalho que a Fundiven tem realizado no campo da melhoria contínua, eliminando ao máximo os custos de produção, de forma a garantir a entrega de melhores peças a preços mais reduzidos.

O mercado actual impõe uma filosofia de diminuição de custos de fabrico e consequentemente também dos preços de venda a todos os fornecedores. No caso concreto da Fundiven, os custos com a produção aumentam constantemente (electricidade, gás, água, matérias-primas) e para manter o mesmo preço de venda ao cliente, não esquecendo a margem de lucro, é necessário melhorar constantemente os processos de forma a torná-los mais eficientes. Assim sendo fará todo o sentido que os gastos derivados de paragens, reparações e peças não-conformes sejam reduzidos.

Após eliminar ao máximo todos os custos directos dos processos a Fundiven dedicou-se à análise dos custos indirectos, tais como manutenções e reparações. Tal como seria de esperar, chegou-se à conclusão que algumas reparações, e consequentemente paragens dos equipamentos, seriam evitadas caso houvesse uma manutenção preventiva. O principal objectivo desta manutenção seria actuar antes que surgisse algum problema com o equipamento, no entanto, quando estes problemas não se conseguissem evitar, esta manutenção serviria também para que o problema fosse detectado mais cedo, possibilitando uma intervenção mais eficaz por parte dos técnicos.

Actualmente a produtividade da Fundiven é elevada, conseguindo em vários casos ultrapassar valores dos fornecedores de equipamentos. No entanto, existem vários problemas no âmbito do seguimento de produção, que residem essencialmente no tipo de registo que é efectuado. Assim sendo, o cálculo da produtividade actual não é fiável, uma vez que não contempla todos os factores.

Analizando os registos actuais da máquina de injeção 320 ton é possível identificar os seguintes problemas:

- Cálculo de produtividade não engloba todos os dados;
- Paragens não planeadas frequentes.



Existe algum trabalho efectuado no campo da manutenção preventiva, no entanto ainda num nível muito baixo de complexidade e frequência de execução.

### ***III.3. Método de registo de seguimento de produção***

#### **III.3.1. Método de recolha e registo**

O operador preenchia a folha de seguimento de produção (Anexo I), onde registava os seguintes dados:

- Data
- N.º trabalhador
- Designação da peça
- N.º de cavidades do molde
- N.º total de injeção feitas
- N.º de injeções rejeitadas (material não conforme)
- Hora de início de produção
- Hora de fim de produção
- Tempo inactividade (paragens da célula)
- Código de avaria (motivo de paragem)
- N.º do lote de produção

Esta folha era posteriormente recolhida por uma colaboradora, que registava os dados do dia anterior numa base de dados do *Microsoft Access*, de forma a manter um histórico destes mesmos valores, e serem calculados os seguintes indicadores:

$$produtividade(\%) = \frac{NP}{tempo}$$

*NP*: Número de peças produzidas

$$rejeição(\%) = \frac{PNOK}{NP}$$

*PNOK*: Número de peças rejeitadas; *NP*: Número de peças produzidas

$$T.Inactividade(\%) = \frac{TI}{(HF) - (HI)}$$

*TI*: Tempo de inactividade; *HF*: hora de fim da produção; *HI*: hora de início da produção

Obviamente no caso da produção de um mesmo lote passar de um turno para o outro, calculavam-se novamente os indicadores. Assim sendo, eram calculados três indicadores por turno, por operador e por molde.

Seguidamente, a responsável pela recolha dos dados ao devolver a folha ao posto de trabalho indicava nos gráficos os valores calculados.

Existiam ainda no posto de trabalho três gráficos com valores médios diários para os três indicadores, e ainda três gráficos com os valores mensais, actualizados pela mesma colaboradora.

### **III.3.2. Limitações do método de recolha e registo**

Existem várias limitações com o método actual, entre as quais:

- Identificação de várias paragens com motivos diferentes – é apenas registado um somatório do tempo de todas as paragens e listados os motivos. Ou seja, não é possível identificar o motivo que mais contribuiu para a paragem.
- Não são consideradas as paragens planeadas, tais como reuniões, limpezas gerais de equipamento, faltas do operador.
- Não é identificado o tipo de paragem.

- Não é calculado o valor de Overall Equipment Efficiency (OEE) – Eficiência Global do Equipamento, não existindo assim um valor rigoroso de eficiência do equipamento.

### **III.4. Manutenção**

Na Fundiven existem dois tipos distintos de manutenção: a manutenção de ferramentas (essencialmente moldes) e a manutenção de equipamentos, que têm colaboradores diferentes como responsáveis.

A equipa de manutenção de ferramentas é responsável pela manutenção curativa de moldes, eventuais rectificações de moldes, bem como manutenção curativa de qualquer outro equipamento.

A equipa de manutenção de equipamentos é basicamente responsável pela manutenção de qualquer equipamento e instalação de novos equipamentos.

#### **III.4.1. Método de manutenção**

Toda a manutenção é feita por ambas as equipas de manutenção, após alerta do operador. Apesar de existirem planos de manutenção preventiva periódicos a realizar pelo operador, estes não são no entanto cumpridos nem actualizados. Contudo, o operador realiza tarefas de limpeza do posto de trabalho no fim de cada dia de trabalho, portanto no turno nocturno.

#### **III.4.2. Limitações do método de manutenção**

As principais limitações do método existente consistem basicamente na não participação activa do operador, podendo identificar-se as seguintes limitações:

- Os planos de manutenção preventiva diário, semanal e mensal a ser efectuado pelo operador com o objectivo de evitar paragens não planeadas, não são postos em prática nem actualizados (Anexo 7).

- Não existe nenhum circuito diário, semanal ou mensal realizado pelo operador para verificar o estado do equipamento.

Estas limitações não permitem que o próprio operador alerte para eventuais problemas do equipamento mais dificilmente detectáveis bem como fazer pequenas manutenções, tais como, reposição de óleo.

### ***III.5. Proposta de resolução***

Tal como referido anteriormente, a proposta de implementação de *Total Productive Maintenance* (TPM) partiu de um cliente da Fundiven, pertencendo ao programa de melhoria contínua desenvolvido por ambos os interessados.

Assim sendo foi decidido iniciar a implementação do modelo Bosch de TPM na Fundiven pela célula da máquina de injeção 320 ton (que engloba máquina de injeção, prensa, alimentadores e forno de manutenção). Este modelo foi anteriormente descrito no ponto II.5.2.

## **Capítulo IV – Processo de implementação do TPM**

O objectivo da implementação é claramente trazer vantagens competitivas tais como: aumento da produtividade, melhorar a qualidade das peças produzidas e reduzir o custo de produção.

Segundo Eti (2006) é de extrema importância desenvolver uma estratégia para a implementação do TPM, devendo esse desenvolvimento seguir os seguintes passos:

1. Formulação de um programa de manutenção para cada componente;
2. Identificar recursos (humanos, ferramentas, entre outros) necessários para a execução efectiva do plano;
3. Execução do plano.

No caso concreto da Fundiven, a estratégia foi pré-definida na fase final da formação de TPM. Ficando definido os seguintes passos:

1. Formação de TPM dada pela Bosch;
2. Identificação da equipa responsável pela implementação e suas responsabilidades, bem como métrica e metodologia a utilizar;

Na Tabela 2 é apresentada a equipa identificada e as tarefas pelas quais cada um dos elementos será responsável.

Equipa + responsabilidades

Nome	Função	Tarefas	
		Individuais	Colectivas
Lucélia Cruz	Planeamento	- Coordenar reuniões de seguimento	- Identificar anomalias e propor melhorias - Implementação de acções
		- Acompanhamento da implementação	
		- Análise e cálculo de indicadores	
		- Elaboração do plano de manutenção autónoma	
Pedro Teixeira	Manutenção	- Análise dos indicadores	
		- Elaboração do plano de manutenção autónoma	
		- Formação a operadores e chefes de equipa	
José Fernandes	Manutenção	- Anomalias - célula	
José Cardoso	Manutenção	- Anomalias - ferramentas	
Orlando Ferreira	Responsável produção	- Garantir a realização da manutenção autónoma	
		- Análise dos indicadores	
Acácio Maia	Chefe de equipa	- Garantir a realização da manutenção autónoma	
Zacarias Ramos	Chefe de equipa	- Garantir a realização da manutenção autónoma	
Daniel Santos	Operador	- Realizar a manutenção autónoma	
		- Registar dados	
		- 5S	
Luís Santos	Operador	- Realizar a manutenção autónoma	
		- Registar dados	
		- 5S	
Manuel Ferreira	Dir. Qualidade	- Formação e Workshops da equipa	
João Rodrigues	Dir. Planeamento		
Paulo Matos	Produção		
Manuel Ribeiro	Comercial		
São		- Recolha de dados	
		- Actualização do quadro OEE	

Tabela 2 – Identificação da equipa responsável pela implementação e respectivas tarefas

A métrica a utilizar para a eficiência global do equipamento é a mesma do modelo Bosch e a mais utilizada a nível mundial: o OEE. Sendo que para calcular este indicador é necessário uma reformulação da folha de registo de produção como referido anteriormente.

### 3. Elaboração de plano para início da implementação;

Foi definido um plano de execução para implementação da primeira etapa do pilar 1 e 2 do modelo Bosch, apresentado na figura abaixo. Definindo-se ainda os primeiros passos da implementação.

Acção	Semana							Responsável	Equipa
	45	46	47	48	49	50	51		
1. Workshop 5'S								Manuel Ferreira	P. Matos, P. Teixeira, Operadores da célula, J. Fernandes, O. Ferreira, L. Cruz
2. Formalização do quadro TPM								Lucélia Cruz	P. Matos, P. Teixeira, J. Rodrigues, M. Ferreira
2.1. Equipa + Responsabilidades									
2.2. Métrica									
2.3. Metodologia para identificação dos 3 factores									
3. Formar equipa TPM								Manuel Ferreira	Todos
3.1. Causa-efeito									
3.2. 5 Porquês									
3.3. FRP									
4. Implementar 2ª etapa dos pilares 1 e 2								Lucélia Cruz	Todos
5. Implementar nova folha de registo de seguimento de produção								Lucélia Cruz	P. Matos, P. Teixeira, J. Rodrigues, M. Ferreira
5.1. Formar operadores									
5.2. Formar responsável de recolha de informação									
5.3. Iniciar recolha de dados									
6. Definição de objectivo de OEE								Lucélia Cruz	P. Matos, P. Teixeira, J. Rodrigues, M. Ferreira

Tabela 3 – Calendário de arranque da implementação

4. Desenvolvimento de um plano de manutenção autónoma para o equipamento piloto, iniciado ainda durante a formação de TPM (Tabela 4), e actualização no caso de existirem, de planos de manutenção autónoma para o equipamento piloto: identificação de tarefas a realizar pelo operador;

<b>Plano de manutenção autónoma - máquina de injeção 320 ton</b>			
<b>Tarefa</b>	<b>Diário</b>	<b>Semanal</b>	<b>Mensal</b>
Lubrificação da taça de alumínio	Início		
Limpeza do chão	Fim		
Limpeza do tabuleiro da máquina	Fim		
Limpeza interior do forno	Fim		
Limpeza da prensa e ferramenta	Fim		
Limpeza termoregulador	Fim		
Limpeza quadros eléctricos (exterior)		Fim	
Limpeza exterior do forno	Fim	Fim	
Limpeza geral da máquina			Fim
Limpeza do molde	Início		
Verificação de fugas do flúido hidráulico	Fim		
Verificação de fugas de óleo do lubrificador central	Fim		
Verificação da pressão de linha		Fim	
Verificação da pressão de azoto		Início	
Verificação de fugas de ar comprimido	Fim		
Purgar óleo dos acumuladores		Fim	
<b>Estimativa de tempo necessário 8,5 min</b>			

Tabela 4 – Início da elaboração do plano de manutenção autónoma do equipamento piloto

5. Identificação de fraquezas no registo de informação;

Para que seja possível o cálculo da métrica escolhida é necessário alterar a folha de registo de produção tal como indicado anteriormente. Esta folha está em constante alteração devido às sugestões dos operadores.

6. Análise dos registos e implementação das etapas do primeiro e segundo pilar do modelo Bosch.

Para implementar o primeiro pilar do modelo Bosch, é necessário que desde logo sejam identificadas as principais perdas. Após o registo do primeiro trimestre de 2009, é agora possível fazer o estudo estatístico e tomar as providências necessárias.

A implementação do segundo pilar é um pouco mais demorada uma vez que depende da implementação de rotinas de manutenção. Por decisão da administração, este pilar será implementado com especial atenção, de forma a que a manutenção seja eficaz e o mais breve possível.

#### ***IV.1. Descrição da implementação***

Neste ponto será descrito o processo de implementação até onde está efectivamente implementado. Os planos para a implementação das fases seguintes serão descritos no ponto seguinte.

##### **IV.1.1. Acções implementadas no âmbito do pilar 1**

Até ao momento estão a ser implementadas a primeira e segunda etapas dos pilares 1 e 2, em dois equipamentos de injeção: 320 ton e 250/3 ton.

###### ***IV.1.1.1. Desenvolvimento de folha de registo de produção***

Quanto ao pilar 1, na primeira etapa, determinar perdas e principais problemas, foi alterada a folha de registo de forma a ajudar o operador a identificar rapidamente o problema que causou paragem, bem como o tipo de paragem: planeada ou imprevistas, e também permitir o cálculo do OEE (Anexo II).

###### ***IV.1.1.2. Análise de causas de paragens***

Após a recolha de dados do primeiro trimestre de 2009, foi efectuada a análise de dados no âmbito da segunda etapa deste pilar: análise das causas. A principal análise diz respeito ao Diagrama de Pareto dos motivos de perda de disponibilidade.



Para um melhor entendimento dos dados em estudo é necessário esclarecer como é efectuado o registo por parte do operador, e assim sendo, o que é considerado como caso. Cada operador faz um registo, mesmo que ainda esteja a operar no mesmo turno do anterior, caso haja uma mudança de peça ou molde, é efectuado um novo registo, obtendo-se assim um novo caso. Tem-se portanto um caso por turno, por operador, por peça e por molde, tendo cada caso um valor para cada um dos factores e para o OEE.

De forma a evitar algum tipo de confusão, neste capítulo os factores considerados no cálculo do OEE não serão denominados por factores, mas apenas por Disponibilidade, Eficiência e Qualidade.

#### IV.1.1.2.1. Descrição das variáveis consideradas

Na Tabela 5 são identificadas e descritas todas as variáveis consideradas no estudo estatístico, bem como a sua classificação segundo o tipo de dados. Esta classificação identifica dois tipos de dados, subdivididos em duas categorias:

- Qualitativos – Nominal: para atributos ou qualidades; e Ordinal: para os casos em que seja possível distinguir diferentes graus de um atributo ou variável, existindo entre eles uma relação de ordem;
- Quantitativos – Intervalo: para os casos em que o uso de números para classificar os elementos é efectuado para que a diferença entre os números seja igual à diferença nas quantidades do atributo medido, sendo o zero um valor arbitrário e que não representa a ausência da variável medida; e Rácio: difere da anterior na medida em que o zero tem existência real, denotando a ausência da variável medida.

Variável	Descrição	Tipo de dados
Máquina de injeção	Identificação da máquina de injeção: 320 ou 250/3	Nominal
Data	Dia a que se refere o registo	Intervalo
Turno	Turno a que se refere o registo: Diurno ou Nocturno	Nominal
Operador	Operador que executou o trabalho	Nominal
Peça	Peça executada na injeção	Nominal
N.º Cavidades	Número de cavidades do molde da peça, ou seja, número de peças em simultâneo na mesma injeção.	Intervalo

N.º Injecções	Número de injecções efectuadas	Rácio
Perdas Planeadas (h)	Tempo (em horas) dispendido em paragens planeadas como reuniões ou limpezas	Rácio
Perdas Planeadas (mot)	Motivo de paragens planeadas	Nominal
N.º paragens	Número de paragens não planeadas verificadas no mesmo registo	Rácio
Perdas Disponibilidade (h)	Tempo (em horas) dispendido em paragens não planeadas como avarias eléctricas ou mecânicas, limpezas, etc	Rácio
Perdas Disponibilidade N.º Motivos	Número de motivos de uma única paragem não planeada	Intervalo
Perdas Disponibilidade Mot1	Primeiro motivo identificado de paragens não planeadas	Nominal
Perdas Disponibilidade Mot2	Segundo motivo identificado de paragens não planeadas	Nominal
Perdas Disponibilidade Mot3	Terceiro motivo identificado de paragens não planeadas	Nominal
Perdas de Qualidade	Número de injecções rejeitadas por má qualidade	Rácio
Nº Lote	Número do lote de fabrico	Intervalo
Tempo Disponível Total (h)	Consiste essencialmente no intervalo de tempo entre o início e o fim do trabalho	Rácio
Tempo de Abertura Planeado (h)	Intervalo de tempo após desconto de todas as perdas planeadas, tais como almoço, intervalos, reuniões, etc.	Rácio
Tempo de Abertura Efectivo (h)	Intervalo de tempo após desconto de todas as perdas de disponibilidade registadas pelo operador	Rácio
Disponibilidade	Rácio entre o Tempo de Abertura Efectivo e o Tempo de Abertura Planeado	Intervalo
N.º Peças Produzidas	Total de peças produzidas (número de injecções x número de cavidades do molde)	Rácio
Tempo de ciclo (h)	Tempo de ciclo da injecção de determinada peça	Intervalo
Eficiência	Rácio entre o número de peças produzidas vezes o tempo de ciclo e o Tempo de Abertura Efectivo	Intervalo
N.º peças rejeitadas	Número de peças de má qualidade, e portanto rejeitadas (número de injecções rejeitadas x número de cavidades do molde)	Rácio
Qualidade	Rácio entre o número de peças produzidas sem defeito e o número total de peças produzidas	Intervalo
OEE	Produto dos três factores. Eficiência Global do Equipamento	Intervalo

Tabela 5 – Descrição das variáveis utilizadas para o estudo estatístico

#### **IV.1.1.2.2. Análise descritiva**

Na Tabela 6 é possível verificar as estatísticas descritivas das principais variáveis:

Descriptive Statistics							
	N	Minimum	Maximum	Sum	Mean	Std. Deviation	Variance
N.º Injecções	274	0	2028	213065	777,61	337,508	113911,6
Perdas Planeadas (h)	5	,33	3,50	8,22	1,6433	1,50044	2,251
Perdas Planeadas (mot)	5	1	7	19	3,80	2,280	5,200
N.º paragens	278	0	4	362	1,30	,799	,638
Perdas Disponibilidade (h)	242	0	6	315	1,30	1,142	1,304
Perdas Disponibilidade N.º Motivos	235	1	3	263	1,12	,374	,140
Perdas Disponibilidade Mot1	238	0	31	4699	19,74	7,483	55,997
Perdas Disponibilidade Mot2	27	11	27	558	20,67	5,561	30,923
Perdas Disponibilidade Mot3	4	14	26	72	18,00	5,416	29,333
Perdas de Qualidade	128	8	50	2912	22,75	9,460	89,496
Perdas de Qualidade Motivo	79	30	33	2487	31,48	,985	,971
Tempo Disponível Total (h)	229	1	24	1745	7,62	2,084	4,343
Tempo de Abertura Planeado (h)	222	,00	22,87	1497,48	6,7454	2,06527	4,265
Tempo de Abertura Efectivo (h)	229	,00	20,87	1237,65	5,4046	2,26413	5,126
Disponibilidade	228	,00	1,00	181,01	,7939	,20567	,042
N.º Peças Produzidas	229	0	11432	357583	1561,50	2019,281	4077497
Tempo de ciclo (h)	229	,001	,008	1,240	,00542	,002827	,000
Eficiência	225	,24	4,69	222,29	,9880	,48110	,231
N.º peças rejeitadas	229	0	160	5167	22,56	28,247	797,905
Qualidade	225	1	1	221	,98	,027	,001
OEE	225	,16	3,86	166,54	,7402	,29751	,089
Valid N (listwise)	0						

Tabela 6 – Estatísticas descritivas das principais variáveis a analisar

#### **IV.1.1.2.3. Análise das principais causas de paragens**

Tal como já referido anteriormente, a identificação e análise dos principais problemas, baseia-se na análise dos principais motivos de paragem. No entanto aqui surgem duas dificuldades derivadas do tipo de registo efectuados pelos operadores:

- Por inúmeras vezes são registados vários motivos de paragem, ou seja, o operador regista que parou o equipamento por um determinado intervalo de tempo por mais do que um motivo, não sendo possível distribuir esse intervalo de tempo pelos motivos indicados.

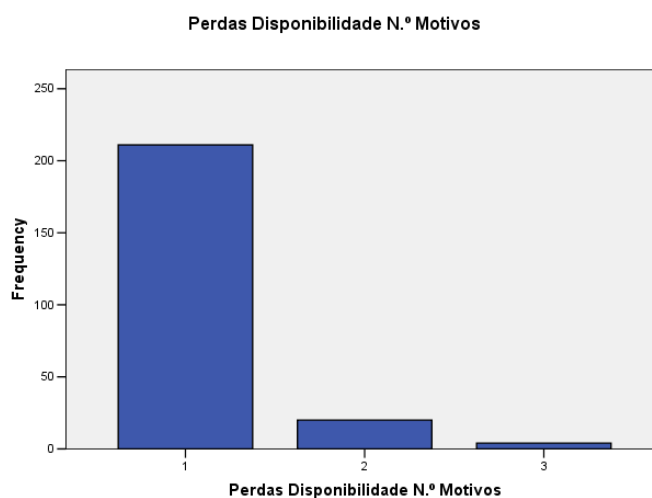


Gráfico 1 – Gráfico de barras da variável número de motivos identificados nas perdas de disponibilidade

- Também com uma elevada frequência são observados registos com várias paragens distintas.

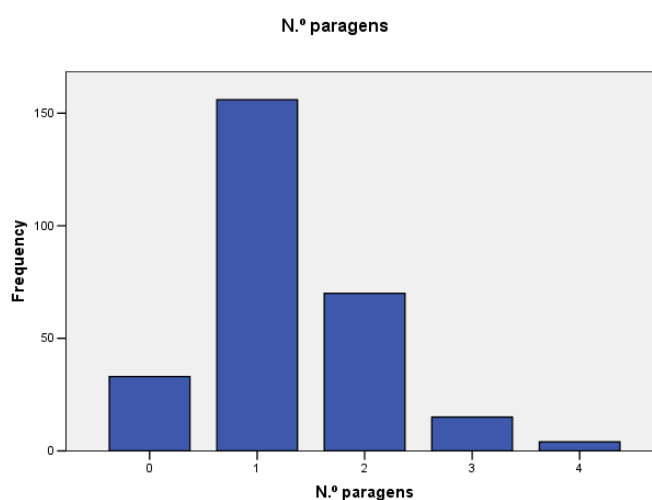


Gráfico 2 – Gráfico de barras da variável número de paragens (por registo)

Através da análise da Tabela 7 é possível afirmar que 63% do número de paragens estão distribuídos apenas pelos quatros motivos apresentados. O mesmo se pode confirmar no diagrama de Pareto (Gráfico 3).

Motivo	%
<b>Limp. Molde/Macho</b>	<b>28%</b>
<b>Avaria ferramenta</b>	<b>17%</b>
<b>Avaria mecânica</b>	<b>9%</b>
<b>Mont./Desm. Molde</b>	<b>9%</b>

Tabela 7 – Principais motivos de paragem (número de ocorrências)

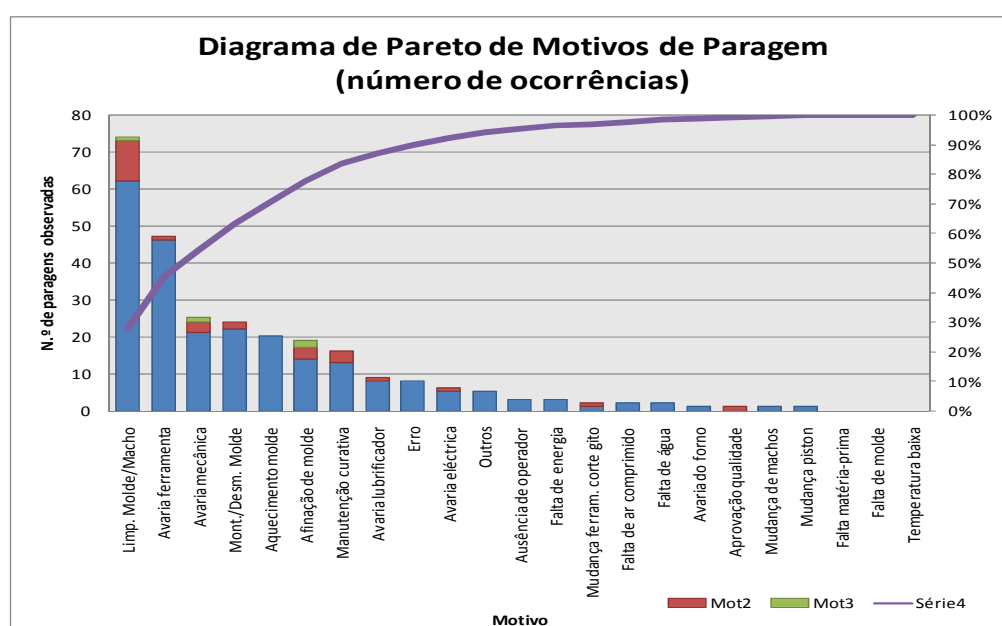


Gráfico 3 – Diagrama de Pareto dos motivos de paragem – números de ocorrências

Apesar de ser importante identificar os motivos de paragem que se verificam com mais frequência, é ainda mais importante saber quais os motivos que, ocorrendo com mais ou menos frequência, geram mais perda de disponibilidade (tempo de paragem). Para tal, e porque o tempo de paragem dos motivos varia e é influenciado directamente pelo operador, gerou-se uma tabela (Tabela 8) de tempos teóricos para cada um dos motivos, com base nas reuniões semanais com os operadores dos equipamentos piloto.

Motivo	Tempo teórico (min)
Mont./Desm. Molde	180
Avaria ferramenta	90
Avaria mecânica	60
Limp. Molde/Macho	20
Avaria do forno	1440
Afinação de molde	20
Aquecimento molde	15
Manutenção curativa	15
Avaria lubrificador	10
Mudança ferram. corte gito	45
Mudança de machos	90
Avaria eléctrica	10
Ausência de operador	20
Outros	10
Erro	5
Falta de energia	10
Falta de ar comprimido	10
Falta de água	10
Aprovação qualidade	20
Mudança piston	15
Falta matéria-prima	0
Falta de molde	0
Temperatura baixa	15

Tabela 8 – Tempos teóricos para cada motivo de paragem (em minutos)

Tendo em atenção a frequência com que ocorre cada motivo de paragem e o tempo teórico indicado pelos operadores, foi possível identificar os motivos que penalizam mais o tempo disponível para produção (Tabela 9).

Motivo	%
Mont./Desm. Molde	30%
Avaria ferramenta	29%
Avaria mecânica	10%
Limp. Molde/Macho	10%

Tabela 9 – Principais motivos de paragem

Neste caso é possível identificar os quatro motivos que originam 80% do tempo de paragem do equipamento, facto visível no diagrama de Pareto (Gráfico 4).

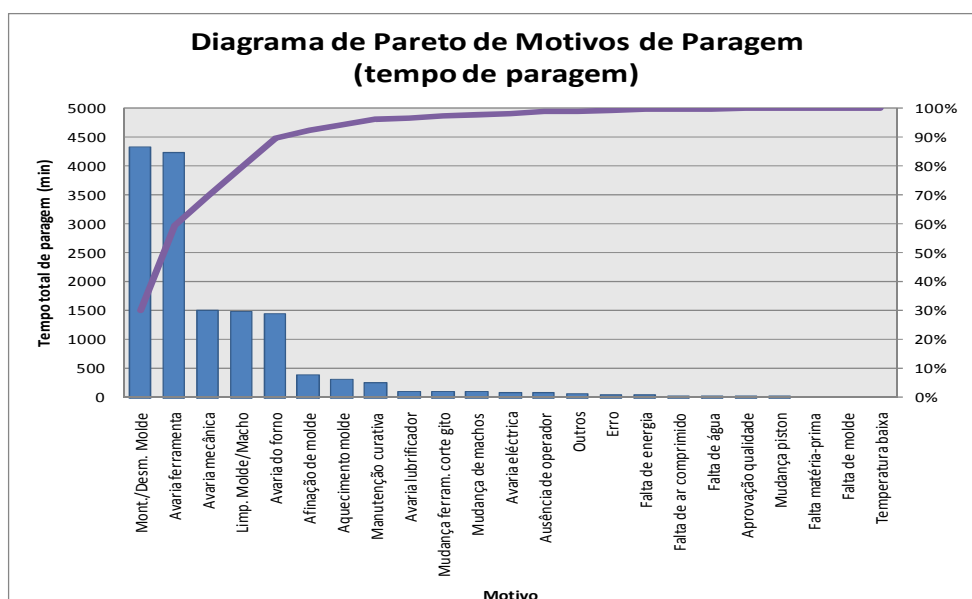


Gráfico 4 – Diagrama de Pareto dos motivos de paragem – perda de tempo teórica

É ainda importante fazer a análise de ambos os diagramas de Pareto apresentados anteriormente, por equipamento. No

Gráfico 5 é possível verificar que os principais motivos de paragem para a máquina de injeção 320 ton são a limpeza de molde/macho e avaria de ferramenta, justificando 55% do número de ocorrências.

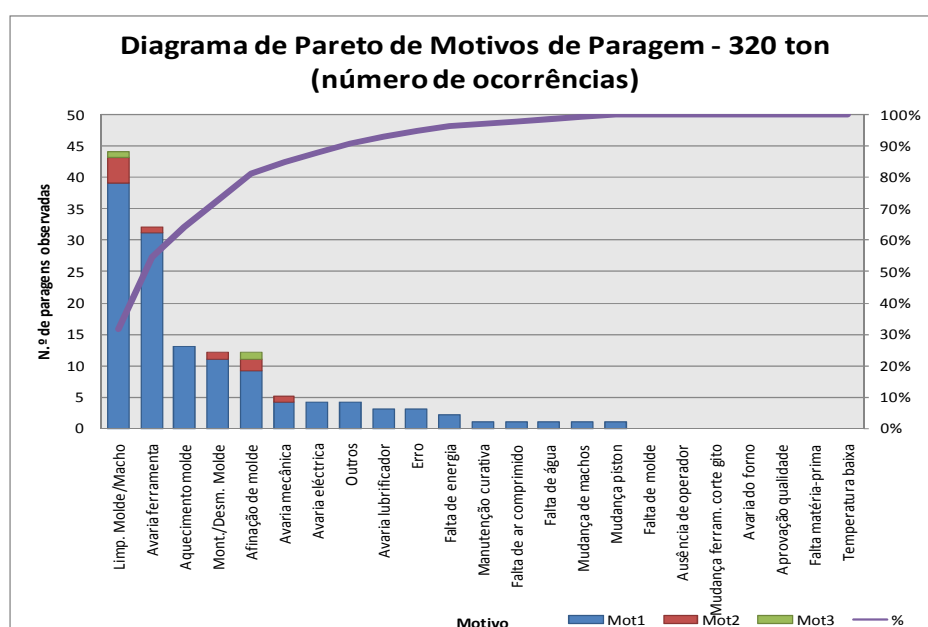


Gráfico 5 – Diagrama de Pareto dos motivos de paragem – números de ocorrências (máquina de injeção 320 ton)

Ao verificar o mesmo gráfico (Gráfico 6) para a máquina de injeção 250/3 ton, é possível identificar os mesmos motivos de paragem, representando neste caso 47%. Se a estes motivos se juntar a avaria mecânica, consegue-se uma representação de 57% das ocorrências.

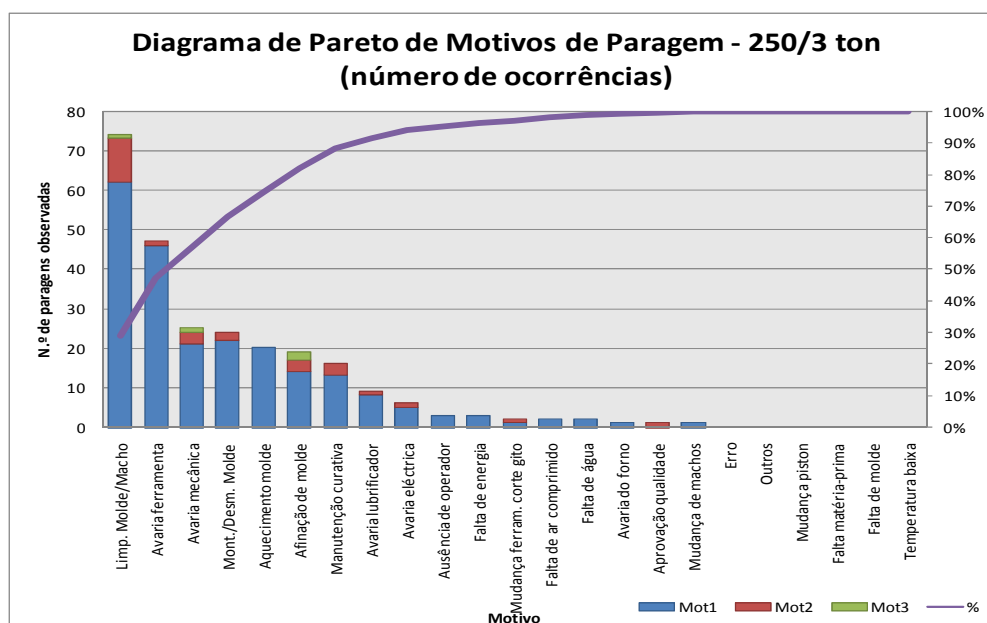


Gráfico 6 – Diagrama de Pareto dos motivos de paragem – números de ocorrências (máquina de injeção 250/3 ton)

Analisando o tempo de produção perdido nas paragens do equipamento (Gráfico 7) é possível identificar que a avaria de ferramenta e a montagem e desmontagem de molde são os motivos que mais penalizam, a nível de tempo, a máquina de injeção 320 ton, correspondendo a 73% do total de perda de tempo registado. Verifica-se que as perdas que ocorrem com mais frequência não são as que mais penalizam o tempo de produção.



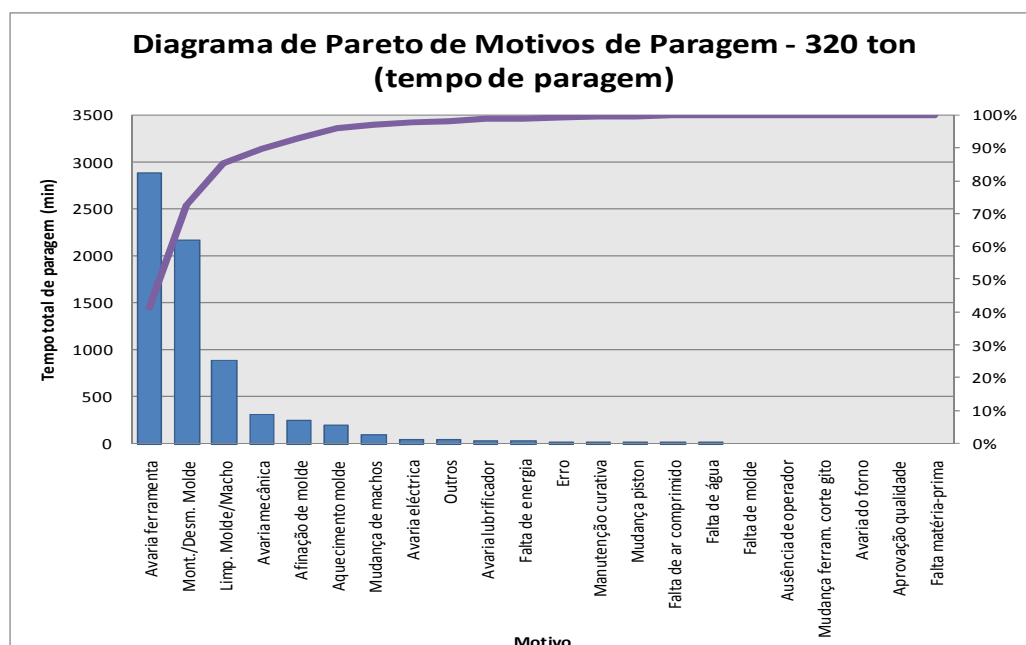


Gráfico 7 – Diagrama de Pareto dos motivos de paragem – perda de tempo teórica (máquina de injeção 320 ton)

Fazendo a mesma análise para a máquina de injeção 250/3 (Gráfico 8), identificam-se a montagem/desmontagem de molde e a avaria de ferramenta como os motivos que penalizam 59% do tempo de produção do equipamento.

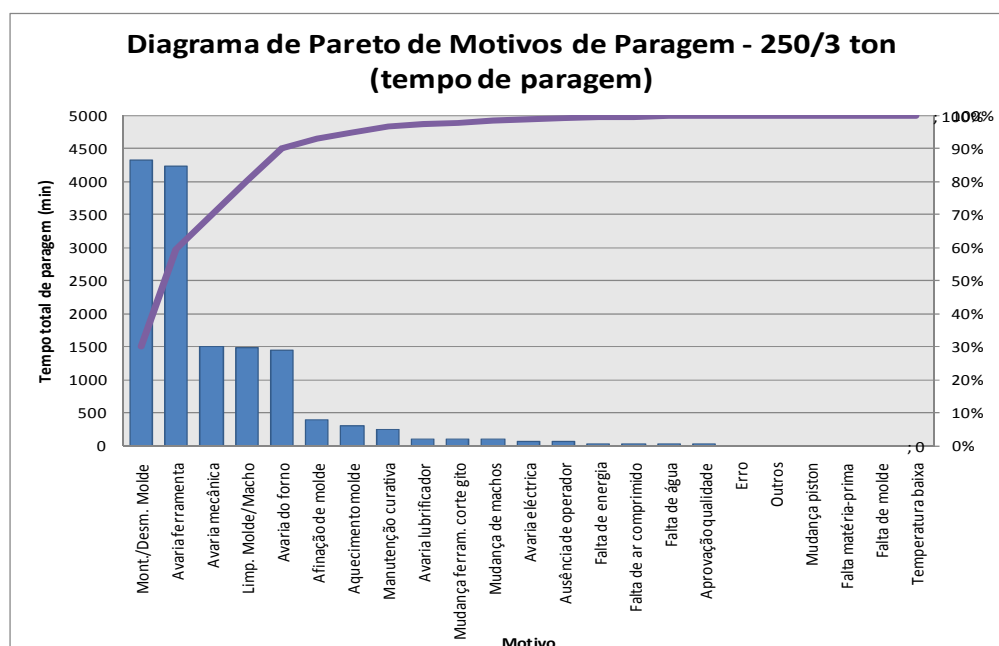


Gráfico 8 – Diagrama de Pareto dos motivos de paragem – perda de tempo teórica (máquina de injeção 250/3 ton)

#### **IV.1.1.2.4. Análise de variância referente aos valores de OEE**

Existem várias questões que surgem numa primeira análise dos dados e que se tornam importantes para tomadas de decisão quer no plano de produção quer no âmbito de recursos humanos.

##### Qual o efeito das variáveis operador e turno no valor de OEE?

Pretende-se então perceber se as diferenças entre as médias observadas no valor de OEE consoante o operador e o turno são ou não significativas. A análise de variância é uma técnica estatística que possibilita a comparação entre parâmetros de várias populações. A partir da análise da dispersão total, esta técnica permite identificar os factores que deram origem a essa dispersão e avaliar a contribuição de cada um. Frequentemente esta técnica assume a designação de ANOVA, contracção do nome que a técnica recebe em inglês: *analysis of variance*.

Para que seja possível elaborar uma análise de variância, é necessário que sejam satisfeitas três condições relativas aos erros:

- Normalidade da distribuição da variável em análise – necessária para a realização de testes e especificação de intervalos de confiança. Não é crítica se a dimensão da amostra não for pequena.
- Homogeneidade da sua variância ( $\sigma^2$  constante) – “Os erros associados às observações incluídas num grupo ou numa célula devem ter a mesma variância que os erros das observações incluídas noutra célula qualquer.”<sup>2</sup> Esta condição apenas se torna relevante quando as dimensões das amostras forem muito diferentes, ou seja devemos evitar que as observações incluídas num grupo seja maior que o dobro de alguma das restantes.
- Independência mútua – não poderá haver qualquer dependência entre as variáveis

---

<sup>2</sup> Guimarães, R. C. et all

Ao verificar a distribuição do número de casos pelas duas variáveis indicadas (Tabela 10) e de forma a garantir a segunda condição acima mencionada, é possível verificar que apenas deverão ser considerados três operadores. Esta escolha torna-se ainda mais relevante uma vez que se trata de três operadores com formação em TPM.

Between-Subjects Factors			
		Value Label	N
Turno	1	Diurno	114
	2	Nocturno	111
Operador	1		1
	15		1
	32		1
	53		1
	55		39
	71		2
	79		1
	94		1
	106		10
	114		1
	127		5
	155		13
	166		59
	169		1
	171		4
	174		8
	185		20
	194		57

Tabela 10 – Distribuição dos casos pelas variáveis turno e operador

Após seleccionar apenas os casos respeitantes aos três operadores indicados na tabela acima ficamos com a distribuição de casos indicada na Tabela 10.

Between-Subjects Factors			
		Value Label	N
Turno	1	Diurno	80
	2	Nocturno	75
Operador	55		39
	166		59
	194		57

Tabela 11 – Distribuição dos casos pelas variáveis turno e operador considerando apenas os 3 operadores com mais observações

Ao analisar a Tabela 12 é possível identificar diferenças nas médias de OEE nos três operadores bem como nos turnos, mas serão estas diferenças significativas?

**Descriptive Statistics**

Dependent Variable: OEE

Turno	Operador	Mean	Std. Deviation	N
Diurno	55	,7106	,28422	20
	166	,7297	,19491	31
	194	,6430	,17381	29
	Total	,6935	,21468	80
Nocturno	55	,7717	,24092	19
	166	,7845	,16460	28
	194	,6996	,19236	28
	Total	,7496	,19757	75
Total	55	,7404	,26238	39
	166	,7557	,18172	59
	194	,6708	,18374	57
	Total	,7206	,20782	155

Tabela 12 – Estatísticas descritivas

As hipóteses de relevância para a análise são:

Hipótese 1: Efeito do operador no valor de OEE

$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$ , onde 1, 2 e 3 são os três operadores

$H_a: \exists i \mu_i \neq \mu_j, i \neq j$

Em  $H_0$  afirma-se haver igualdade no valor de OEE qualquer que seja o operador.

Hipótese 2: Efeito do turno no valor de OEE

$H_0: \mu_1 = \mu_2$ , onde 1 e 2 são os dois tipos de turno

$H_a: \mu_1 \neq \mu_2$

Em  $H_0$  afirma-se haver igualdade no valor de OEE qualquer que seja o turno.

Hipótese 3: Efeito da interacção entre operador e turno no valor do OEE

$H_0$ : Não existe interacção entre o operador e o turno

$H_a$ : Existe interacção entre o operador e o turno

Em  $H_0$  afirma-se a inexistência de interacção entre os dois factores.

Pretende-se inferir sobre a significância das diferenças observadas nos valores do OEE, e para tal procedeu-se à análise ANOVA a dois factores. Tal como é possível observar na Tabela 13, os valores de significância correspondentes às três hipóteses colocadas são superiores a 0,05, fazendo com que seja rejeitada a hipótese de diferenças significativas no valor de OEE entre os grupos.

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: OEE

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Noncent. Parameter	Observed Power <sup>a</sup>
Corrected Model	,355 <sup>b</sup>	5	,071	1,682	,142	8,411	,571
Intercept	78,189	1	78,189	1850,495	,000	1850,495	1,000
DN	,123	1	,123	2,922	,089	2,922	,397
Trab	,233	2	,117	2,760	,067	5,520	,538
DN * Trab	,000	2	,000	,003	,997	,006	,050
Error	6,296	149	,042				
Total	87,145	155					
Corrected Total	6,651	154					

a. Computed using alpha = ,05

b. R Squared = ,053 (Adjusted R Squared = ,022)

Tabela 13 – Resultados da ANOVA a 2 factores

Se os efeitos das duas variáveis fossem independentes as linhas representadas no Gráfico 9 seriam paralelas, indicando que o efeito de um factor era o mesmo para os diferentes níveis do outro factor. No entanto as linhas não se cruzam, não demonstrando portanto uma interacção clara. O gráfico indica ainda que para os três operadores, o valor médio de OEE é superior quando se trata do turno nocturno. Esta diferença do valor médio de OEE está obviamente ligada ao facto das intervenções de manutenção serem maioritariamente efectuadas no turno diurno, uma vez que nesse período encontram-se nas instalações da fábrica todos os elementos da equipa de manutenção bem como os seus responsáveis.

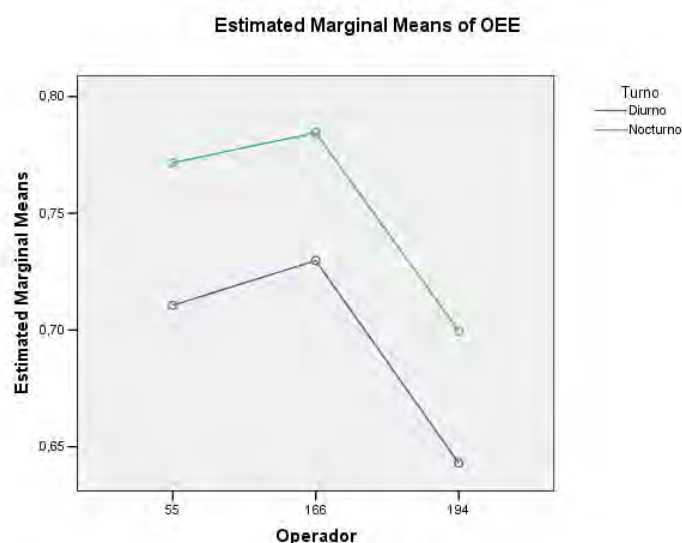


Gráfico 9 – Representação do efeito da interacção

No Gráfico 10 são apresentadas as caixas de bigodes, e pode concluir-se, através da comparação das medianas, que o comportamento de um factor não é muito diferenciado pelos níveis do outro. A espessura das caixas confirma também a grande dispersão dos valores, bem como a existência de *outliers*.

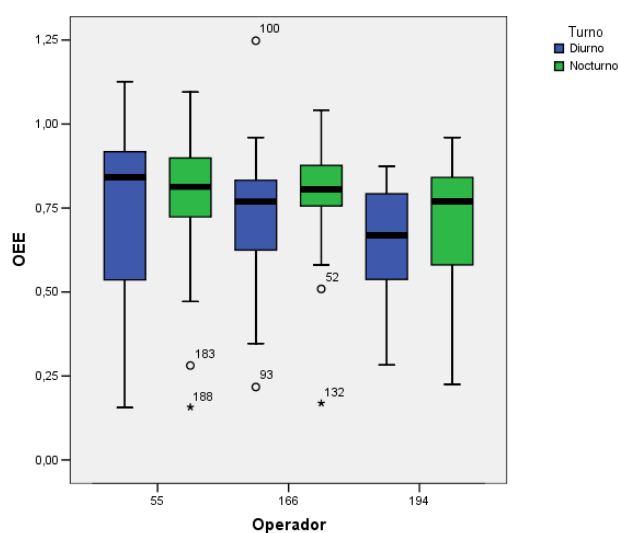


Gráfico 10 – Caixas de bigodes

Após a aplicação da técnica apresentada para verificação da influência dos mesmos factores nas variáveis: disponibilidade, eficiência e qualidade, obteve-se a mesma conclusão.

Colocando outras hipóteses tais como a influência da máquina de injeção e da peça nos valores de OEE, disponibilidade, eficiência e qualidade as conclusões foram as mesmas.

Serão necessários mais dados para que seja possível chegar a outras conclusões.

#### ***IV.1.1.3. Desenvolvimento de folhas de registo gráfico***

Foram ainda criadas folhas para registo gráfico diário do OEE (Anexo IV), mensal (Anexo V), factores de cálculo do OEE (Anexo VI), bem como uma folha de registo de plano de acções inerentes aos resultados de OEE (Anexo VII). Estes gráficos são actualizados diariamente e têm como objectivo dar a conhecer aos colaboradores a evolução diária e mensal do OEE e dos seus factores de cálculo. São ainda utilizados para a análise semanal do desempenho do equipamento com os operadores.

No caso do gráfico dos factores disponibilidade e eficiência, foram estipulados limites facilmente visíveis e perceptíveis através de cores: 0 a 0,65 – zona vermelha (valor muito baixo); 0,65 a 0,85 – zona amarela (valores intermédios); e 0,85 a 1 – zona verde (objectivo dos factores). Para o caso do factor qualidade, estes limites são um pouco mais apertados: 0 a 0,80 – zona vermelha (valor muito baixo); 0,80 a 0,90 – zona amarela (valores intermédios); e 0,90 a 1 – zona verde (objectivo do factor qualidade).

#### ***IV.1.1.4. Desenvolvimento de base de dados***

A Fundiven encontra-se neste momento a implementar um sistema de gestão de produção, SyBuS, onde se prevê que também seja incluída toda a informação necessária ao TPM, no entanto está ainda numa fase inicial. Em paralelo, a base de dados de Microsoft Access utilizada actualmente para gestão de produção foi já alterada de forma a incorporar o TPM. Contudo, devido à estrutura da base de dados, não é possível estabelecer um tempo de ciclo por equipamento, facto este que torna menos fiável o valor de OEE calculado.

Tal como referido anteriormente, os dados de produção estavam a ser inseridos também num ficheiro de Microsoft Excel de forma a calcular os factores e valor de OEE. Este ficheiro tornou-se de difícil manuseamento uma vez que continha fórmulas e gráficos dinâmicos. Assim, decidiu-se criar uma base de dados exclusiva para o TPM, até que seja possível incorporar esses dados no sistema de gestão de produção.

Para tal foi desenvolvido o diagrama de classes dessa base de dados (Fig. 11), preparando-a desde já para armazenar os dados de TPM dos restantes equipamentos da Fundiven.

A situação que se pretende representar através da base de dados podese descrever da seguinte forma:

- É dada uma ordem de produção, atribuindo uma operação/equipamento a um operador. Este operador é identificado pelo número de funcionário e nome e o equipamento é identificado com o número de posto de trabalho, nome e operação. A ordem de produção é caracterizada pela data, turno, hora de início, hora de fim, número de peças produzidas, número de lote, factor disponibilidade, factor eficiência, factor qualidade e OEE.
- À ordem de produção está associada uma referência, descrita através do seu código interno e designação, estando esta associada a um cliente, descrito pelo código interno e nome. A referência encontra-se ainda associada ao molde, identificado através do número (atribuído por peça, e portanto repetível), número de cavidades e fabricante.
- Também associada à ordem de produção encontra-se a perda, tendo uma duração e motivo descrito pelo tipo (planeada, disponibilidade ou qualidade), número e designação.
- Um operador está sempre associado a apenas uma ordem de produção e consequentemente a um equipamento. A ordem de produção é relativa a uma referência que está associada a um cliente e a vários moldes. Associadas à ordem de produção poderão estar várias perdas, e uma perda poderá ter vários motivos.



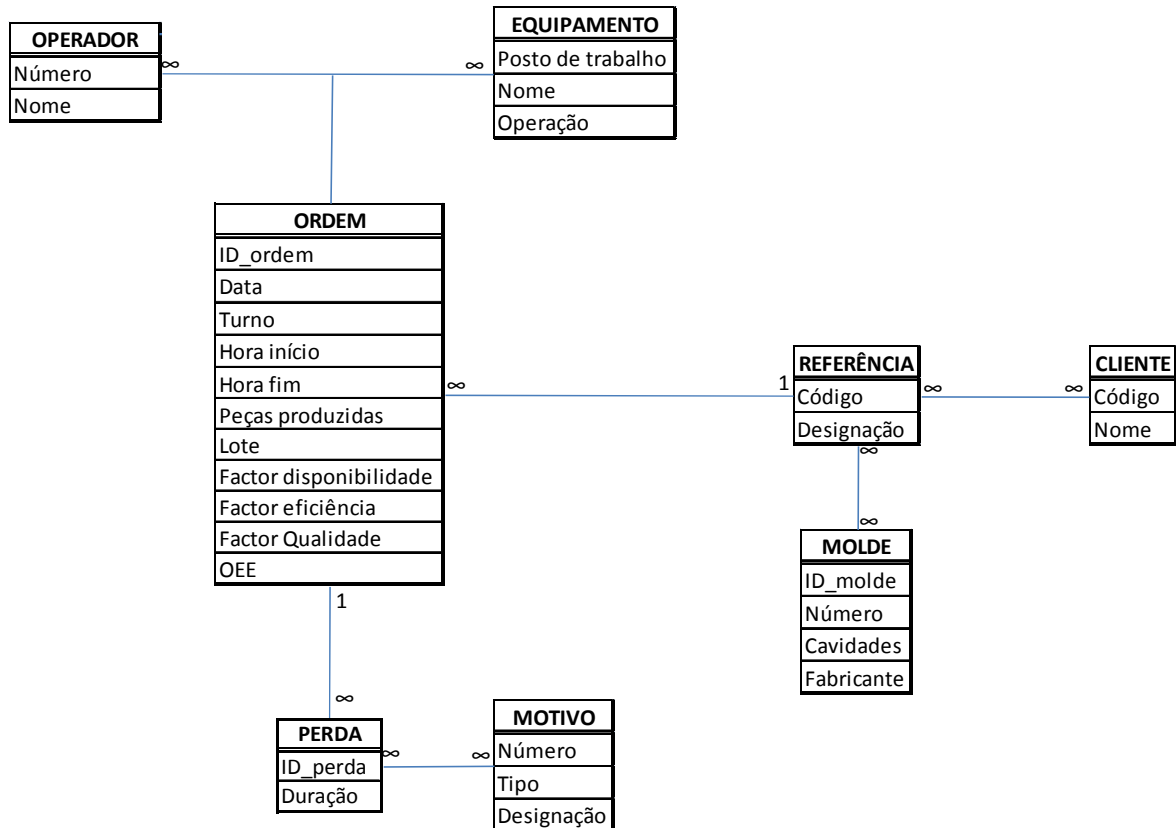


Fig. 11 - Diagrama de classes da base de dados

#### IV.1.2. Acções implementadas no âmbito do pilar 2

No pilar 2 as acções tomadas dizem respeito à primeira e à segunda etapa.

##### IV.1.2.1. Implementação dos 5S

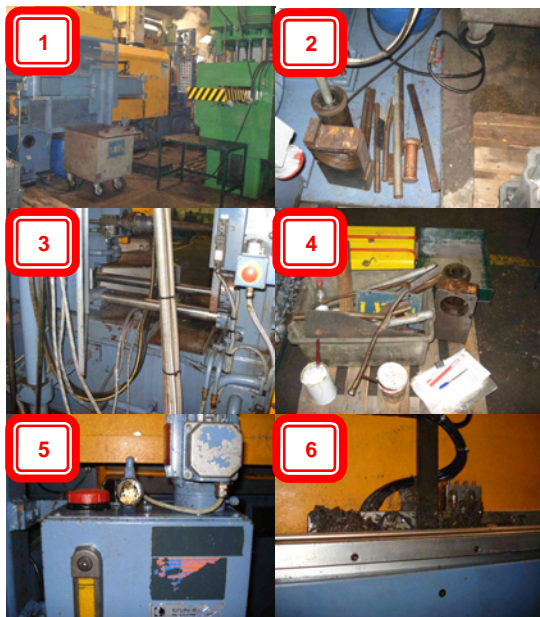
Na primeira etapa – restaurar condições básicas dos equipamentos – foram implementados os 5S com o objectivo de limpar, organizar, e eliminar desperdícios da área circundante ao equipamento. No entanto, deve dizer-se que esta implementação insere-se também na segunda etapa deste pilar, prevenção da sujidade e melhoria na maneabilidade, uma vez que foram tomadas algumas acções nesse sentido no âmbito da implementação, tais como:

- Tapar a válvula de ar comprimido fixa no interior da prensa (proporcionava acumulação de lixo e rebarbas);
- Alterar a aparadora da escoria do forno de manutenção;

- Fixar do tubo de água e do passador de gás;
- Colocar de suportes para latas de lubrificação, vassoura e pá, entre outras.

Na Fig. 12 apresentam-se as fotografias tiradas antes e após a implementação dos 5S na célula da máquina 320 ton. Nas fotos anteriores à implementação pode verificar-se que a célula se encontrava suja, sem marcação no chão para identificar o local de todos os equipamentos e ferramentas, e também continha ferramentas que não eram necessárias para as tarefas a levar a cabo pelo operador da célula.

**Antes da implementação dos 5S na  
célula da máquina 320 ton**



**Depois da implementação dos 5S na célula  
da máquina 320 ton**



Fig. 12 – Fotografias do estado da célula antes e depois da implementação dos 5S

#### ***IV.1.2.2. Implementação de método de identificação de anomalia***

Este método consiste em utilizar um cartão vermelho para identificar uma anomalia do equipamento, colocando-o no local onde esta se verifica, para que seja bem visível (Anexo IX).

Estes cartões são numerados e a anomalia é registada numa folha de seguimento (Anexo X), de forma a garantir que a numeração não se repete. Isto desencadeia a acção da equipa de manutenção, que também regista nessa mesma folha que o problema está a ser seguido. Estes cartões apenas deverão ser utilizados se a anomalia não gerar o mau funcionamento do equipamento e/ou paragem do mesmo, uma vez que nesse caso, a equipa de manutenção é prontamente chamada ao local.

## IV.2. Resultados da implementação das medidas

Neste ponto são apresentados os resultados da implementação das medidas anteriormente descritas em termos de tendência de OEE e TEEP para ambas as máquinas de injeção, e também as principais contribuições para a melhoria contínua na empresa.

### IV. 2.1. Tendência do valor de OEE

Importa ainda verificar a tendência do valor do OEE em ambos os equipamentos. No Gráfico 11 é possível identificar a tendência decrescente do valor de OEE para a máquina de injeção 320 ton, devido ao declive negativo da linha de tendência.

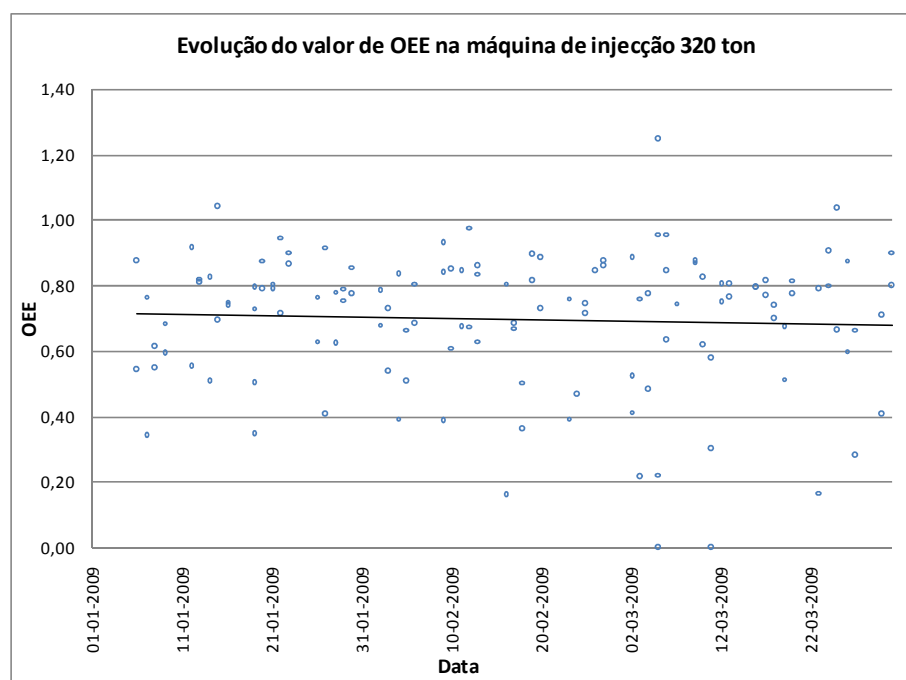


Gráfico 11 – Tendência do valor de OEE - máquina de injeção 320 ton

No entanto para a máquina de injeção 250/3 ton (Gráfico 12) é possível afirmar que a tendência do valor de OEE é positiva.

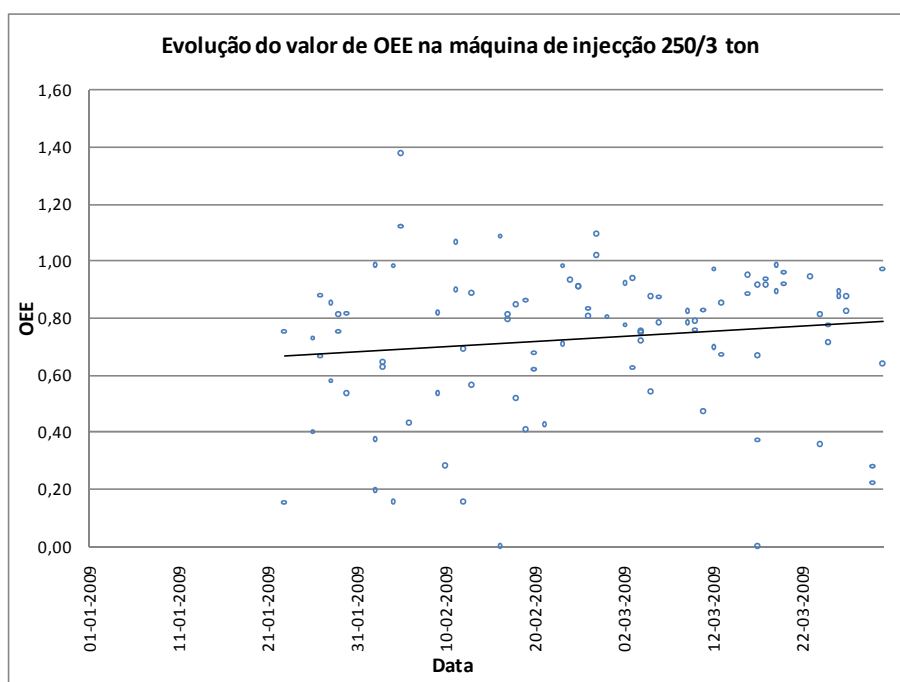


Gráfico 12 – Tendência do valor de OEE - máquina de injeção 250/3 ton

No gráfico acima é ainda possível verificar a diminuição da dispersão dos valores de OEE, resultado do esforço em aumentar a fiabilidade e qualidade dos dados registados pelos operadores.

#### IV. 2.2. Análise da métrica *Total Effective Equipment Performance*

Na Tabela 14 é apresentado o valor médio de OEE do primeiro trimestre para cada uma das máquinas de injeção. O facto do valor médio de OEE da máquina de injeção 320 ton ser inferior poderá ser explicado por dois motivos distintos:

- Foi a primeira máquina de injeção onde se implementou o novo registo, e no qual foram encontradas várias dificuldades por parte dos operadores;
- Esta máquina de injeção está mais sujeita a paragens para setup, uma vez que tem um maior número de moldes (peças) atribuídos, fazendo com que haja uma maior rotatividade de peças neste equipamento.

Máquina de injeção	Valor médio de OEE (1.º trimestre)
320 ton	69,23 %
250/3 ton	71,09 %

Tabela 14 – Valor médio de OEE do 1.º trimestre para cada máquina de injeção

Para calcular o valor de TEEP para cada um dos equipamentos é necessário calcular o valor de *Loading*, tal como referido no ponto II.4. Métrica da eficiência do equipamento. Para tal assumiu-se que ambos os equipamentos trabalham 14,5 horas por dia e cinco dias por semana, tendo portanto um igual valor de *Loading*:

$$Loading = \frac{14,5 \times 5}{24 \times 7} = 43,15\%$$

Este valor é facilmente explicado pelo facto de não haver um terceiro turno e pela paragem da fábrica durante o fim-de-semana. Foram ainda tidas em conta as paragens para almoço e jantar, bem como a paragem de 30 min para limpeza no turno nocturno. Conclui-se então que mais de metade do tempo disponível do equipamento não é aproveitado pela empresa, ficando este a operar abaixo da sua capacidade.

Na Tabela 15 apresenta-se o valor de TEEP para cada uma das máquinas de injeção, sendo possível verificar que, tal como era esperado, a máquina de injeção 250/3 ton tem um valor ligeiramente superior.

Máquina de injeção	TEEP (1.º trimestre)
320 ton	29,88 %
250/3 ton	30,68 %

Tabela 15 – Valor de TEEP do 1.º trimestre para cada máquina de injeção

Para ambas as máquinas de injeção é possível verificar que apresentam um baixo valor de desempenho global efectivo. Uma forma de aumentar consideravelmente este valor seria obviamente aumentar o valor de *Loading* através da implementação do terceiro turno com início às 24h e fim às 8h com 30min para ceia. As vantagens e desvantagens da implementação do terceiro turno são apresentadas na Tabela 16.

IMPLEMENTAÇÃO DO TERCEIRO TURNO	
VANTAGENS	DESVANTAGENS
Aumento da rentabilidade do equipamento	Encargos com terceiro operador por máquina de injeção
Redução de injeções rejeitadas no arranque (aquecimento de molde após paragem)	Encargos com encarregado de turno
Custo de energia menor no período nocturno	Encargos com controlador de qualidade
Possibilidade de alteração do período de limpeza diário (30min) para o primeiro turno onde toda a equipa de manutenção se encontra na fábrica	Aumento de gasto de energia (actualmente a máquina de injeção é desligada no fim do segundo turno)
Aumento da rentabilidade do forno de manutenção (actualmente permanece ligado)	
Possibilidade de agendar as mudanças de molde para o final do terceiro turno, permitindo as afinações no início do primeiro	
Aproveitamento do espaço limitado do parque de máquinas	
Aumento da produtividade, uma vez que não iriam existir paragens para manutenção durante o terceiro turno	

Tabela 16 – Vantagens e desvantagens da implementação do terceiro turno

Importa portanto fazer uma projecção do valor de TEEP considerando os três turnos para ambas as máquinas de injeção, assumindo o mesmo valor médio de OEE, apesar de já ter sido várias vezes mencionado que o valor de OEE do terceiro turno seria superior aos restantes. Para tal, é necessário recalcular o valor de Loading, considerando que o terceiro turno terá 7,5 horas (30min para ceia):

$$Loading = \frac{22 \times 5}{24 \times 7} = 65,48\%$$

Comparando os dois valores deste indicador é possível identificar um aumento considerável do rendimento do equipamento, uma vez que passa a ser utilizado 65% do tempo que está disponível. Na Tabela 17 é possível verificar o aumento do valor de TEEP com a implementação do terceiro turno.

Máquina de injeção	OEE (1.º trimestre)	TEEP – 2 turnos (1.º trimestre)	TEEP – 3 turnos (1.º trimestre)
320 ton	69,23 %	29,88 %	45,33 %
250/3 ton	71,09 %	30,68 %	46,55 %

Tabela 17 – Comparação dos valores de TEEP com dois e três turnos

Actualmente, a justificação para a não implementação do terceiro turno está associada ao baixo nível de encomendas, uma vez que o actual parque de máquinas é suficiente para satisfazer todas as encomendas com apenas dois turnos. No entanto, foram já tomadas algumas medidas para possibilitar a implementação do terceiro turno, tal como a alteração do horário de trabalho, deixando livres 8h nocturnas.

#### IV. 2.3. Benefícios da implementação

Nesta fase da implementação do TPM, é difícil analisar os resultados e a eficiência, no entanto é possível identificar já algumas vantagens desta implementação nos equipamentos piloto:

- Aumento da produtividade, devido à redução dos tempos de paragem dos equipamentos;
- Ambiente de trabalho mais saudável e seguro, na medida em que os operadores começam a ter uma maior atenção para o ajuste e manutenção do equipamento;
- Redução do custo de produção, com a análise dos principais problemas;
- Melhoria da relação operador – equipamento, com a mudança de mentalidade, o operador assume o equipamento como seu;
- Identificação de fraquezas e estabelecimento de prioridades na aplicação de acções correctivas e preventivas, através da análise dos principais problemas;
- Melhor conhecimento das capacidades de produção dos equipamentos piloto;



## **Capítulo V – Descrição de desenvolvimento futuro**

Tal como é possível verificar ao comparar as etapas implementadas com o modelo Bosch completo, a implementação dos pilares não se encontra completa para nenhum deles. Neste ponto serão descritas as acções planeadas para cada uma das etapas dos quatro pilares do modelo Bosch. Deverá ser tomado em consideração que se tratam de planos, e que obviamente estarão sujeitos à aprovação da administração da Fundiven, bem como a uma avaliação no momento, pela equipa responsável pela implementação. A evolução da implementação depende de vários factores e difícil de prever, pelo que os resultados de cada passo dado devem ser analisados de forma a avaliar se o passo seguinte é ou não adequado.

Por decisão da administração da Fundiven, o pilar 4 não será tido em conta nesta fase da implementação do TPM, uma vez que não se prevê a aquisição de novos equipamentos a médio prazo.

Nos próximos pontos são descritos os passos da metodologia a seguir de forma a prosseguir a sua implementação na Fundiven, para cada pilar e, dentro deste, para cada etapa.

### ***V.1. Pilar 1 – Eliminação dos principais problemas***

#### **Etapa 1. Determinar perdas e principais problemas**

Apesar de terem sido já realizadas algumas tarefas no âmbito desta etapa, existem ainda um ponto a ter em atenção:

- Melhoria da qualidade dos dados registados através de sensibilização dos operadores

#### **Etapa 2. Análise das causas**

Tal como na etapa anterior, esta etapa tem ainda pontos a ter em atenção:

- Continuação da análise do diagrama de Pareto por equipamento, do número de ocorrências de cada um dos motivos de paragem e também, perdas de disponibilidade. Desta forma é possível identificar quais os motivos que originam mais paragens, e também os motivos que originam uma maior perda de disponibilidade.
- Utilização da reunião semanal de melhoria contínua para a análise das paragens ocorridas na semana anterior, bem como os valores de OEE, desencadeando se necessário planos de acção.
- Elaboração de Diagramas de Causa-Efeito para as principais causas (top 3) de problemas registados.
- Elaboração da Análise dos 5 porquês, caso a complexidade da análise se justifique, para as principais causas de problemas.
- Elaboração de uma folha de resolução de problemas para registo do problema e acompanhamento da sua resolução.

### Etapa 3. Definir e implementar acções correctivas

Com base nos resultados das duas etapas anteriores estão previstas as seguintes tarefas:

- Utilização do plano de acções já desenvolvido: descrição de acções, definição de responsabilidades, planeamento das intervenções, acompanhamento.
- Revisão dos planos de manutenção autónoma.
- Criação de A3<sup>3</sup> com acções definidas em pequenos *workshops* e reuniões.

---

<sup>3</sup> O A3 é uma ferramenta desenvolvida pela *Toyota Motor Corporation* para propor soluções para os problemas, fornecer relatórios da situação de projectos em andamento e relatar a actividade de recolha de informações, sendo assim chamado por ser escrito em um papel de tamanho A3.

#### Etapa 4. Definir os standards e desdobrar as melhorias

Após verificar o sucesso das medidas implementadas, pretende-se standardizar procedimentos através da:

- Definição de procedimentos: periodicidade da análise detalhada dos principais problemas, e metodologias a adoptar posteriormente. As metodologias a adoptar irão depender obviamente dos resultados das alterações anteriormente referidas.
- Criação de pontos de informação acessíveis a qualquer colaborador.
- Criação de planos de manutenção planeada (preventiva) a executar pela equipa de manutenção.

#### Etapa 5. Controlar e documentar o sucesso

Com a última etapa deste pilar, pretende-se criar mecanismos de controlo do desempenho do parque de máquinas da Fundiven através de:

- Seguimento diário e mensal do OEE.
- Criação de gráfico de acções abertas/fechadas (Evolução de Anomalias).
- Análise da evolução do top 5 de motivos de paragem.
- Transferência de resultados positivos para outros equipamentos.

### **V.2. Pilar 2 – Manutenção autónoma**

#### Etapa 1. Restaurar condições básicas dos equipamentos

Apesar de já terem sido realizadas a maioria das tarefas no âmbito desta etapa, é ainda necessário avaliar o estado do equipamento e zona envolvente, tendo em consideração o seguinte ponto:

- Implementar acções: Melhorar visibilidade e acessos, lubrificar, eliminar fugas e fontes de contaminação, restaurar condições iniciais do equipamento.

#### Etapa 2. Prevenção da sujidade, melhoria na maneabilidade

Nesta etapa pretendem-se definir pequenas tarefas a levar a cabo pelo operador de forma a manter o equipamento e zona envolvente nas melhores condições possíveis, para tal pretende-se:

- Elaborar planos de manutenção autónoma com envolvimento de técnicos, operadores e fabricante.

#### Etapa 3. Normas de limpeza, inspecção e lubrificação

No seguimento da etapa anterior, pretende-se nesta etapa criar normas para garantir o bom funcionamento e limpeza do equipamento, tais como:

- Circuitos periódicos de manutenção autónoma.
- Criação de pontos de informação para consulta por qualquer colaborador da empresa.
- Actualização da simbologia já existente para identificação rápida da tarefa a realizar e colocação no local.
- Marcação de manómetros, limite máximo e mínimo – critérios objectivos de controlo de parâmetros.
- Colocação de ferramentas e meios necessários próximos do local e organizados/identificados.

#### Etapa 4. Treino dos operadores para auto-manutenção

Após definir todas as normas de manutenção é necessário passar toda a informação de forma clara aos operadores, para tal estão planeadas as seguintes acções:

- Formação no local aos operadores.
- Reunião para revisão do plano de manutenção autónoma.

#### Etapa 5. Manutenção autónoma pelo operador.

Pretende-se concluir este pilar através da delegação da manutenção autónoma ao operador.

### **V.3. Pilar 3 – Manutenção planeada**

#### Etapa 1. Definição e execução das actividades de manutenção avançada

Para iniciar o trabalho neste pilar, é necessário avaliar o estado do parque de máquinas, pretendendo-se:

- Definir, com a equipa de manutenção, as necessidades de manutenção do parque de máquinas.

#### Etapa 2. Identificar os pontos fracos dos equipamentos, máquinas e processos e solucionar as causas respectivas

Neste ponto pretende-se analisar detalhadamente cada equipamento através de:

- Análise do estado do equipamento e identificação de necessidades de manutenção.
- Realização de *workshops* de manutenção.

Etapa 3. Desenhar e implementar um sistema de gestão de informação de manutenção, planeamento e controlo

Nesta etapa, não será necessário desenhar e implementar um sistema de gestão de informação de manutenção de raiz, uma vez que o sistema de gestão de produção implementado na Fundiven contém um módulo destinado à manutenção. Assim prevê-se apenas a implementação do módulo de manutenção do sistema de informação SyBuS.

Etapa 4. Implementar sistemas de diagnóstico

Nesta etapa, pretende-se que haja um desenvolvimento conjunto entre manutenção, engenharia e operadores de sistemas de diagnóstico dos equipamentos, podendo ir desde os procedimentos de verificação, a pequenas alterações nos equipamentos.

Etapa 5. Melhoria contínua do sistema de manutenção

Este pilar nunca será fechado, uma vez que o ciclo da melhoria contínua nunca poderá ser fechado para que a empresa evolua. No entanto podemos enquadrar as reuniões periódicas para análise do sistema de manutenção nesta etapa.

## **Capítulo VI – Conclusão**

Numa sociedade fortemente competitiva, torna-se crucial produzir melhores peças com o equipamento disponível, bem como aumentar o rendimento de equipamentos e instalações. Com o estudo efectuado identifica-se a metodologia de Manutenção Produtiva Total (TPM) como uma importante ferramenta de diagnóstico e melhoria de desempenho dos equipamentos, e como tal, revela-se uma importante ferramenta ao nível de controlo e redução de custos.

As vantagens competitivas da implementação do TPM vão para além das que são visíveis de imediato. O mais importante desta implementação tem sido a oportunidade da empresa se autoavaliar, através do registo mais detalhado e rigoroso da produção. Assim pretende-se ainda:

- Melhorar a capacidade de manutenção preventiva dos operadores, através da aquisição de competências mas também de responsabilidades na manutenção do equipamento;
- Normalizar as medidas de manutenção preventiva de forma a serem tarefas rotineiras para o operador;
- Melhorar o planeamento de produção através da análise da relação peça (molde) – máquina. A análise do desempenho de um molde em determinada máquina pode auxiliar o responsável de produção a fazer uma melhor distribuição do plano de produção pelo parque de máquinas.

A implementação do TPM na Fundiven partiu da sugestão de um cliente, tendo sido escolhido o modelo de implementação do grupo Bosch, composto por quatro pilares: eliminação dos principais problemas, manutenção autónoma, manutenção planeada e planeamento de novos equipamentos. O quarto e último pilar não foi contemplado neste projecto uma vez que não se prevê a aquisição de novos equipamentos a médio prazo. Actualmente as acções implementadas dizem respeito às primeiras duas etapas dos pilares 1 e 2. No entanto existem já várias acções planeadas para as etapas seguintes.

Após o desenvolvimento deste projecto é possível verificar a complexidade da implementação do TPM, mas também a simplicidade de pequenas acções com significantes benefícios para a empresa e colaboradores, tais como melhoria dos registos e identificação de anomalias nos equipamentos. A implementação do TPM teve, também, a vantagem de ter cultivado ainda nos colaboradores uma sensação de propriedade do equipamento que utilizam, fazendo com que tenham mais atenção à sua manutenção e manuseamento.

Os resultados mais significativos no caso concreto da Fundiven prendem-se com o conhecimento do real desempenho dos equipamentos e identificação de principais perdas de produtividade.



## Referências Bibliográficas

Aiquang, L. (2007). *Fresh grounds for improvement [total productive maintenance in Bosch's Changsha plant]*; Manufacturing Oct2007, Vol. 86 Issue 5, p24-27; IDNumber: 336211

Bosch Termotecnologia, SA; *Notas de apoio à acção de formação em TPM*

Eti, M.C., et all (2006). *Developing and implementation of preventive maintenance in Nigerian industries*; Applied Energy Oct2006, vol.83, issue 10; p1163-1179; ISSN: 3062619

Freitas, Marco; *Implementação da filosofia TPM (Total Productive Maintenance) um estudo de caso*; Universidade Federal de Itajubá – Brasil, Departamento de Produção

Gosavi, A. (2006). *A risk-sensitive approach to total productive maintenance*; Automatica Aug2006, Vol. 42 Issue 8, p1321-1330; ISBN: 51098

Guimarães, R. C., et all. *Estatística*; Editora McGraw-Hill, Amadora, 1999

Hair, J. F., et all. *Multivariate Data Analysis*, 5.<sup>a</sup> edição; Prentice Hall, New Jersey, 1998

Hansen, R. (2005). *Overall Equipment Effectiveness (OEE)*; Industrial Press, ISBN-13 (978-0-8311-) 3237-8

Kodali, R., et all (2001). *Analytical hierarchy process for justification of total productive maintenance*; Production planning & control, vol. 12(7); p695-705; ISSN: 0953-7287

McAdam, R, et all (2000). *Implementing total productive maintenance in multi-union manufacturing organizations: overcoming job demarcation*; Total Quality Management, vol 11, issue 2, p187-197; ISSN: 0954-4127

Mileham, SR., et all (1997). *Set-up reduction (SUR) beyond total productive maintenance (TPM)*; Proceedings of the institution of Mechanical Engineers Part B; Journal of Engineering Manufacture 211 (4); p253-260; ISSN 0954-4054

Miyake, D. I., et al (1999). *Matching the promotion of total quality control and total productive maintenance: An emerging pattern for the nurturing of well-balanced manufacturers*; Total Quality Management, vol 10, issue 2, p243-269; ISSN: 0954-4127

Naguib, H. (1993). *A roadmap for the implementation of total productive maintenance (TPM) in semiconductor manufacturing*; Semiconductor Manufacturing Science Symposium, 1993. ISMSS 1993., IEEE/SEMI International 1993; p89; ISBN: 0-7803-1212-0

Pereira, H. (2009). *TPM – Total Productive Maintenance – Uma importante ferramenta da logística empresarial (Parte I)*; Informação Técnico-científica de Metalurgia e Metalomecânica Maio/Junho de 2009, vol 182; p14-19

Pestana, M. H. et al. *Análise de dados para ciências sociais – A complementaridade do SPSS*; Edições Sílabo, Lisboa, 2000

Pinjala, SK, et al (2006). *An empirical investigation on the relationship between business and maintenance strategies*; International journal of production economics, vol. 104(1), p214-229; ISSN: 0925-5273

Ravishankar, G., et al (1992). *Competitive manufacturing through total productive maintenance*; Semiconductor Manufacturing Science Symposium, 1992; IEEE/SEMI International 15-16 June 1992; p85; ISBN: 0-7803-0680-5

Sanderson, M. (1993). *IBM Austin Industrial Business Center total productive maintenance - The beginning*; Electronic Manufacturing Technology Symposium, 1993, Fifteenth IEEE/CHMT International 4-6 Oct. 1993 p211; ISBN: 0-7803-1424-7

Thomas, A., et al (2008). *Developing a Six Sigma maintenance model*; Journal of Quality in Maintenance Engineering Aug2008, vol.14; p262-271; ISSN: 13552511

Thun, J. (2006). *Maintaining preventive maintenance and maintenance prevention: analyzing the dynamic implications of Total Productive Maintenance*; System Dynamics Review 22 2 163-179; IDNumber: 10.1002/sdr.335

Tsarouhas, P. (2007). *Implementation of total productive maintenance in food industry: a case study*; Journal of Quality in Maintenance Engineering 2007, vol.13, issue 1, p5-18; ISSN: 13552511

Wang, FK (2006). *Evaluating the efficiency of implementing total productive maintenance*; TOTAL QUALITY MANAGEMENT & BUSINESS EXCELLENCE 17 (5): 655-667 JUN 2006; ISSN: 1478-3371

## **Sites consultados**

<http://www.reliableplant.com/article.asp?articleid=8417>

[http://www.tpfeurope.com/TPM\\_EN.html](http://www.tpfeurope.com/TPM_EN.html)

<http://www.wikipedia.com>

<http://pt.kaizen.com/>

<http://engr.nmsu.edu/~etti/fall97/manufacturing/tpm2.html>

<http://influxconnect.com/?q=node/1323>

[http://www.plant-maintenance.com/articles/tpm\\_intro.shtml](http://www.plant-maintenance.com/articles/tpm_intro.shtml)



## Anexo II – Folha de registo de produção versão recente (fundição)

C. T. Nº \_\_\_\_\_

### Ficha de Trabalho Fundição



	Data	Nº Trab.	Designação Peça	Nº Molde	Nº Cav.	Nº Inj.	Nº Lote	Hora		Perdas Planeadas		Perdas de Dispon.		Perdas de Qualidade		
								Início	Fim	Tempo Inact.	Motivo	Tempo Inact.	Motivo	Nº Inj Rej.	Motivo	
Turno Diurno																
Turno Nocturno																

- Perdas planeadas**
- Falta de Operadores
  - Limpeza
  - Reuniões
  - Manutenção Planeada
  - Formação
  - Excesso de Stock
  - Ensaio de Molde
  - Controlo do proceso
  -
- Perdas de disponibilidade**
- Ausência operador
  - Mudança Ferr. corte gito
  - Avaria Ferr. (molde)
  - Avaria Electrica
  - Avaria Mecânica
  - Falta de Matéria Prima
  - Afinação de Molde
  - Avaria do forno
  - Manutenção curativa
  - Falta de Energia
  - Falta de Molde
  - Aprovação Qualidade
  - Mont./Desmont. Molde
  - Falta de Ar Comprimido
  - Falta de Água
  - Mudança de Macho(s)
  - Limpeza Molde/Macho(s)
  - Avaria lubrificador
  - Temperatura Baixa
  - Mudança piston
  - Aquecimento do Molde
  -
- Perdas de Qualidade**
- Rejeição
  -

Mod.051-C

Anexo III – Folha de registo de produção versão recente  
(corte de gito)

C. T. Nº \_\_\_\_\_

Ficha de Trabalho Prensa



	Data	Nº Trab.	Designação Peça	Nº Molde	Nº Cav.	Nº Cortes	Nº Lote	Hora		Perdas Planeadas		Perdas de Dispon.		Perdas de Qualidade	
								Início	Fim	Tempo Inact.	Motivo	Tempo Inact.	Motivo	Nº Inj Rej.	Motivo
Turno Diurno															
Turno Nocturno															

Perdas planeadas

- 1 Falta de Operadores
- 2 Limpeza
- 3 Reuniões
- 4 Manutenção Planeada
- 5 Formação
- 6 Excesso de Stock
- 7 Ensaio de Molde
- 8 Controlo do processo
- 9

Perdas de disponibilidade

- 10 Ausência operador
- 11 Mudança Ferr. corte gito
- 12 Avaria Ferr. (molde)
- 13 Avaria Eléctrica
- 14 Avaria Mecânica
- 15 Falta de Matéria Prima
- 16 Afiinação de Molde
- 17 Avaria do forno
- 18 Manutenção curativa
- 19 Falta de Energia
- 20 Falta de Molde
- 21 Aprovação Qualidade
- 22 Mont./Desmont. Molde
- 23 Falta de Ar Comprimido
- 24 Falta de Água
- 25 Mudança de Macho(s)
- 26 Limpeza Molde/Macho(s)
- 27 Avaria lubrificador
- 28 Temperatura Baixa
- 29 Mudança piston
- 30 Aquecimento do Molde
- 31

Perdas de Qualidade

- 32 Rejeição
- 33

Mod. 051-C

Anexo IV – Gráfico de registo do OEE diário

Mês : \_\_\_\_\_  
CT : \_\_\_\_\_

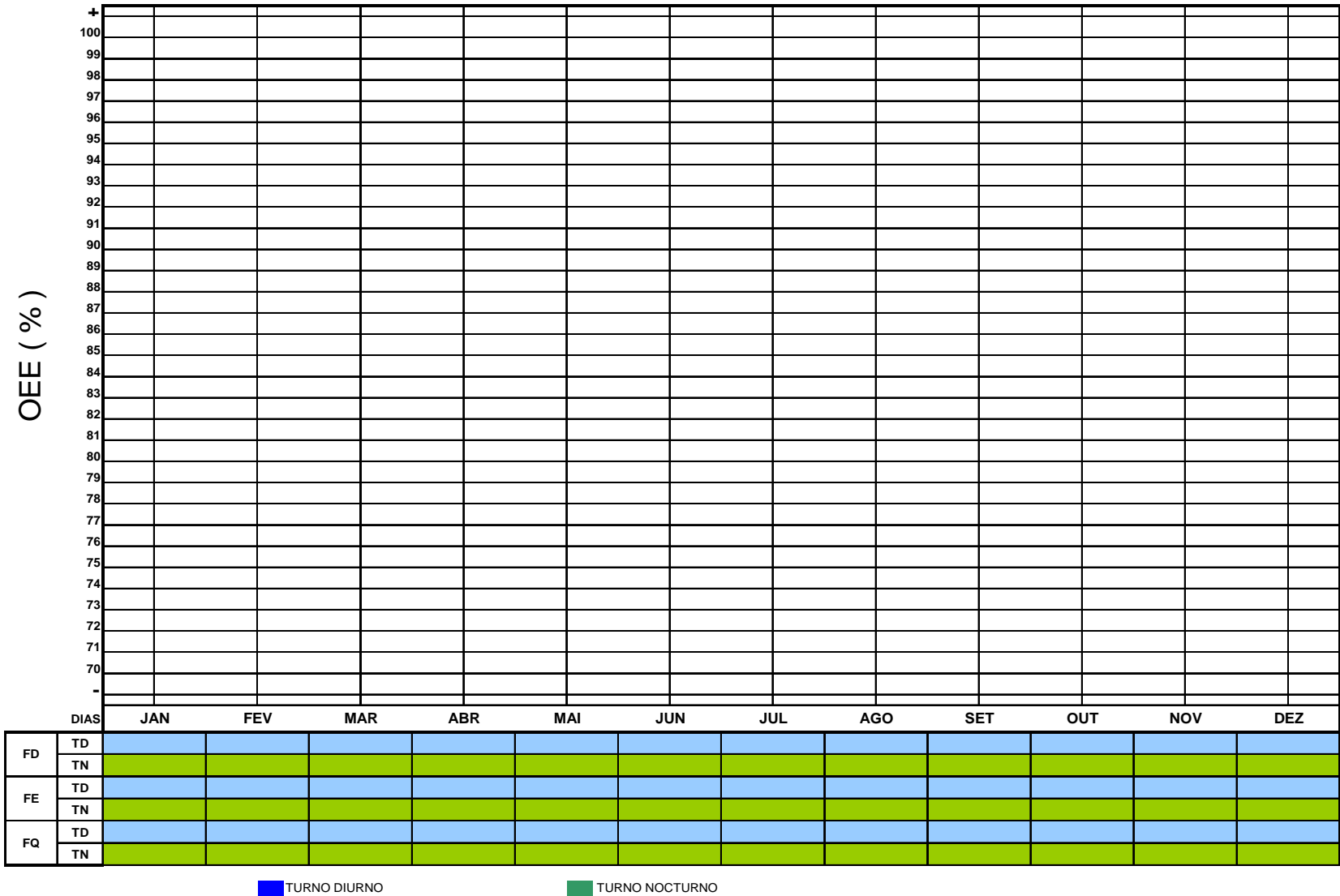


Anexo V – Gráfico de registo do OEE mensal

Mês : \_\_\_\_\_  
CT : \_\_\_\_\_

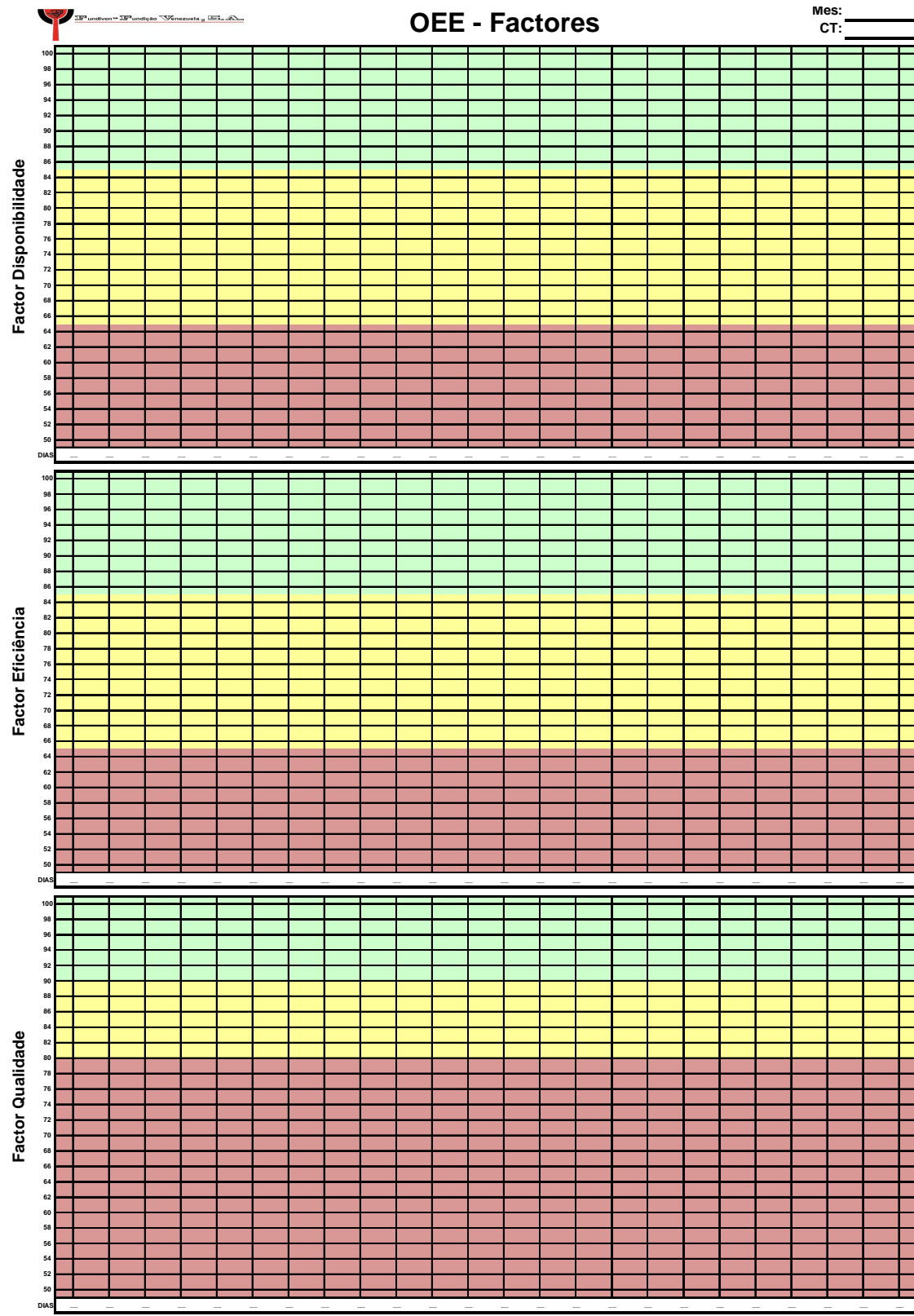


SEGUIMENTO MENSAL DE OEE





## Anexo VI – Gráficos de registo dos factores disponibilidade, eficiência e qualidade



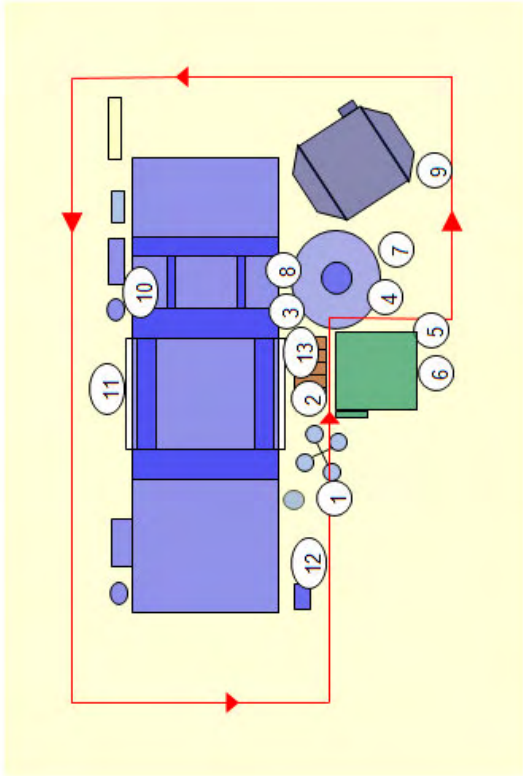
## Anexo VII – Plano de acções - OEE










Fundiven S.A.					PLANO DE ACÇÕES - OEE			Ano: _____	Pág: 1
Nº	Problema	Causa	Acção	Resp.	Data	Estado			
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									

# Anexo VIII – Plano de manutenção autónoma

Página inicial do plano de manutenção autónoma diário (turno nocturno) da máquina de injeção 400/3

## Manutenção Autónoma - Circuito Turno Nocturno



Legenda da Simbologia Utilizada em TPM									
Simbologia da Frequência da Manutenção:									
	Turno Diurno		Turno Nocturno		Semanal		Quinzenal		Mensal
Simbologia da Acção De Manutenção:									
	Limpeza		Inspeção Visual		Lubrificação		Despejar		

Nº Seq.	Máquina	Local	Acção/Metodologia	Ferramentas/Meios necessários	Tempo [Seg.]	Parag. Func.	Executar em:	Foto	Ponto do Plano
1	Célula de Injecção 400/3 PT Nº 113	Frente Máquina (Lado operador)	Fechar a máquina e afastar carro de suspensão de peças Cortadas		45	Parag.	Últimos vinte minutos turno		1
2	Célula de Injecção 400/3 PT Nº 113	Frente Máquina (Lado operador)	Retirar estrado		30	Parag.	Últimos vinte minutos turno		2

## Anexo IX – Cartão de identificação de anomalia



The image shows a red rectangular card template for identifying anomalies. At the top left is a logo featuring a stylized 'V' inside a circle. To its right is the text 'Fundiven - Fundação Venezuela S.A.' in a stylized font. Below the logo is the large, bold, 3D-style text 'TPM'. To the right of 'TPM' is a white rectangular box containing the text 'N.º' followed by a line and 'Ano:' followed by a line. Below this box is another white rectangular box containing the text 'Equipamento:' followed by a line and 'Data:' followed by three lines for day, month, and year. At the bottom is a large white rectangular box containing the text 'Descrição do problema:' followed by five horizontal lines for writing.

 Fundiven - Fundação Venezuela S.A.

**TPM**

N.º \_\_\_\_\_ Ano: \_\_\_\_\_

Equipamento: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Descrição do problema:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

[illegible]